

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2003年9月25日 (25.09.2003)

PCT

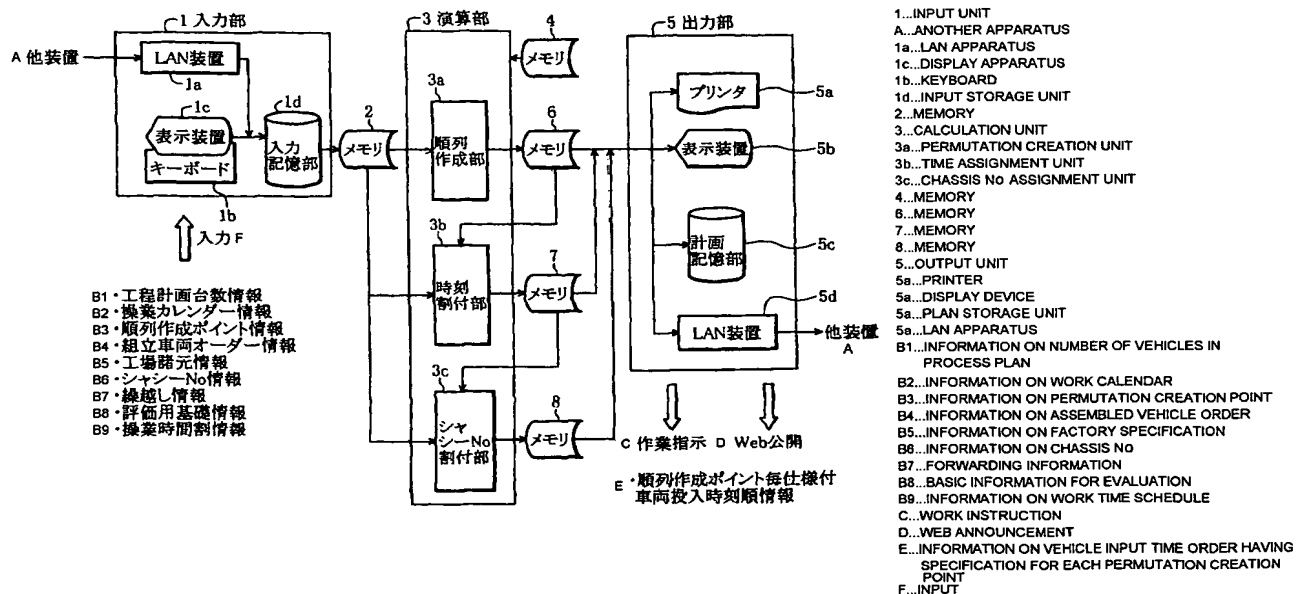
(10) 国際公開番号  
WO 03/079124 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G05B 19/418 社 (HITACHI ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒317-0073 茨城県 日立市 幸町三丁目2番1号 Ibaraki (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/02195
- (22) 国際出願日: 2003年2月27日 (27.02.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-71985 2002年3月15日 (15.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒101-8010 東京都千代田区 神田駿河台四丁目6番地 Tokyo (JP). 日産自動車株式会社 (NISSAN MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒220-8623 神奈川県 横浜市 神奈川区宝町2番地 Kanagawa (JP). 日立エンジニアリング株式会
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鬼澤 均 (ONIZAWA, Hitoshi) [JP/JP]; 〒317-0073 茨城県 日立市 幸町三丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内 Ibaraki (JP). 佐藤 正紀 (SATO, Masanori) [JP/JP]; 〒317-0073 茨城県 日立市 幸町三丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内 Ibaraki (JP). 中村 啓 (NAKAMURA, Kei) [JP/JP]; 〒101-8010 東京都千代田区 神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 市川 篤実 (ICHIKAWA, Atsumi) [JP/JP]; 〒212-0058 神奈川県 川崎市 幸区鹿島田890番地 株式会社日立製作所 産業システム事業部内 Kanagawa (JP). 副島 洋 (SOEJIMA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒220-8623 神奈川県 横浜市 神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 Kanagawa (JP). 坂上 伸

[続葉有]

(54) Title: AUTOMOBILE MANUFACTURING LINE INPUT ORDER PLANNING APPARATUS

(54) 発明の名称: 自動車製造ラインの投入順計画立案装置



(57) Abstract: An automobile manufacturing line input order planning apparatus capable of creating an effective input order. The apparatus includes an input unit (1) for inputting information on a vehicle to be manufactured, a calculation unit (3) for deciding an optimal input order according to the vehicle information input to the input unit (1), and an output unit (5) for outputting the input order plan obtained in the calculation unit (3) to outside. The calculation unit (3) creates an input order of a vehicle and calculates insufficiency degree of the input order created as a penalty value according to the restriction condition during work input which has been input from the input unit (1). Thus, while creating a plurality of input orders, a penalty value for the restriction condition of each input order is calculated so as to obtain the input order to minimize the penalty.

[続葉有]



— (SAKAGAMI, Shinichi) [JP/JP]; 〒220-8623 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 Kanagawa (JP). 真田 裕 (SANADA, Yutaka) [JP/JP]; 〒220-8623 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 春日 譲 (KASUGA, Yuzuru); 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-3 共同ビル (新小伝馬町) 7階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 本発明の目的は効率的な投入順が作成可能な自動車製造ラインの投入順計画立案装置を提供することにある。製造すべき車両情報を入力する入力部(1)と、この入力部(1)に入力された車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部(3)と、演算部(3)で求めた投入順計画を外部に出力する出力部(5)とを有する。演算部(3)は、車両の投入順を作成するとともに、入力部(1)から入力した作業投入時の制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求める。

## 明 細 書

## 自動車製造ラインの投入順計画立案装置

## 技術分野

本発明は、複数の工程毎の投入順・作業順を作成する自動車製造ラインの投入順計画立案装置に係り、特に、自動車製造業に代表される混流ラインを持った製造業において用いるに好適な自動車製造ラインの投入順計画立案装置に関する。

## 背景技術

自動車製造業では、一般に、車体工程（メイン、メタル）、塗装工程（ペイント）、組立工程（トリム）、最終試験工程（ファイナル）等の複数の工程を持って自動車を製造している。各々の工程内部では、レールで連結され、等間隔、等速度で車両が移動するが、各工程における作業負荷・作業時間は異なっている。これらの工程間に余分な滞留車両を持たせず、かつ車両順序の入れ替え作業等を発生させずに、つまり恰も連続したラインのように、各工程の作業順序を決定することが、ラインの効率化の点で必要となっている。

従来、全体工程を同時に満足させる投入順を決定することは、独特のノウハウを必要とするため熟練計画担当者の手作業に依存する形で行われていた。

## 発明の開示

ここで、混流ラインと呼ばれる製造ラインでは、ライン分岐、ライン合流が発生し、ラインを移動する車両の順序を作業管理ポイントで把握することは、工程業務、ラインの特性、流れる車両の属性、仕様・オプションの作業内容等の全てを把握した熟練者でないと投入順を決定できないものであった。

さらに、消費者ニーズの多様化や、製造メーカー自身が他社との差別化のために用意する各種オプション設定等で、異なる仕様、オプションの車両が増加すると、計画担当者の負担が大きくなり、効率的な投入順が作成できない場合も生ずるという問題があった。

本発明の目的は、効率的な投入順が作成可能な自動車製造ラインの投入順計画立案装置を提供することにある。

(1) 上記目的を達成するために、本発明は、製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求めるようにしたものである。

かかる構成により、効率的な投入順が作成可能となる。

(2) 上記(1)において、好ましくは、上記制約条件は、同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数としたものである。

(3) 上記(1)において、好ましくは、上記演算部は、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定するようにしたものである。

(4) 上記(1)において、好ましくは、上記演算部は、分岐や合流を伴う混流ラインにおいても、工程間の滞留台数や蓄積台数を利用して、車両毎に異なるリードタイムを算出して、リードタイムずらしを行い、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定するようにしたものである。

(5) 上記(3)において、好ましくは、ツートンカラー塗装作業等でラインを2度通過する車両に対して、時間または台数を付加してリードタイムを補正するようにしたものである。

(6) 上記(1)において、好ましくは、上記演算部は、仕様、オプション毎にペナルティ計算時の重みを変えられるようにしたものである。

(7) 上記(1)において、好ましくは、上記演算部は、相互結合型ニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズム等の最適化手法を用いて、ペナルティ値が

最小となる投入順を求めるようにしたものである。

(8) 上記(1)において、好ましくは、上記演算部は、上記制約条件を、投入順を決定する工程毎に設定し得るようにしたものである。

(9) 上記目的を達成するために、本発明は、製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求め、さらに、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定するようにしたものである。

かかる構成により、効率的な投入順が作成可能となる。

(10) 上記目的を達成するために、本発明は、製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数からなる制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求め、さらに、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定するようにしたものである。

かかる構成により、効率的な投入順が作成可能となる。

(11) 上記目的を達成するために、本発明は、製造すべき車両情報を入力す

る入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数からなる制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を決定するようにしたものである。

かかる構成により、効率的な投入順が作成可能となる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の全体構成を示すシステムブロック図である。

図 2 は、図 1 に示した本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の要部の詳細構成を示すシステムブロック図である。

図 3 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の中の順列作成部 33 の処理を示すフローチャートである。

図 4 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で投入順を作成する自動車製造工場における基本的な工程及び製造ラインの一例の説明図である。

図 5 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる投入順序決定ポイントの一例の説明図である。

図 6 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる仕様、オプションに対して設定される投入順列作成上の制限条件の一例の説明図である。

図 7 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の構成比率平準化条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

図 8 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最小間隔台数条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

図 9 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最大連続台数条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

図 10 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における投入順作成処理の説明図である。

図 11 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における投入順作成処理の説明図である。

図 12 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における評価値計算処理の説明図である。

図 13 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における評価値計算処理の説明図である。

図 14 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における評価値計算処理の説明図である。

図 15 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における評価値計算処理の説明図である。

図 16 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

図 17 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

図 18 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

図 19 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

図 20 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

図 21 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置

に入力する情報の一例の説明図である。

図 2 2 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例の説明図である。

図 2 3 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例の説明図である。

図 2 4 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例の説明図である。

図 2 5 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例の説明図である。

図 2 6 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 2 7 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 2 8 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 2 9 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 3 0 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 3 1 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 3 2 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図 1 ～図 3 2 を用いて、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の構成及び動作について説明する。

最初に、図 1 及び図 2 を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の全体構成について説明する。



図 1 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の全体構成を示すシステムブロック図である。図 2 は、図 1 に示した本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の要部の詳細構成を示すシステムブロック図である。

図 1 に示すように、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置は、入力部 1 と、演算部 3 と、出力部 5 の他に、メモリ 2, 4, 6, 7, 8 とか構成されている。

入力部 1 は、LAN 装置 1 a と、キーボード 1 b と、表示装置 1 c と、入力記憶部 1 d とを備えている。キーボード 1 b 及び表示装置 1 c を用いて入力される情報及び外部の他装置から LAN 装置 1 a 等の通信手順で入力する情報は、入力記憶部 1 d に格納される。

入力部 1 から入力される情報としては、

- 1) 順列作成ポイント工程毎の日々の生産台数情報としての順列作成ポイント毎工程計画台数情報、
- 2) 順列作成ポイント工程の操業カレンダー情報、
- 3) 投入順を作成すべき工程である順列作成ポイント情報、
- 4) 投入順を作成する車両情報としての組立車両オーダー情報、
- 5) 計画対象の工場のライン構成、工程構成等の工場諸元情報、
- 6) 車体番号であるシャシー N o 情報、
- 7) 前回作成投入順計画により実作業が行われた結果としての引継ぎ情報である繰越情報、
- 8) 順列作成時に使用する仕様、オプションに対する投入順作成時の評価用基礎情報、
- 9) 稼動、非稼動を加味した操業時間割情報、

等がある。キーボード 1 b 若しくは LAN 装置 1 a から入力したこれらの情報は、入力記憶部 1 d に記憶される。入力記憶部 1 d に記憶された入力情報は、メモリ 2 を介して、演算部 3 に引き継がれる。

演算部 3 は、入力部 1 からの入力情報に基づき、投入順計画を作成する。メモリ 4 には、演算部 3 で実行されるプログラム群が記憶されている。演算部 3 は、

メモリ 4 に記憶されたプログラム群に基づいて、処理を実行する。

演算部 3 は、順列作成部 3 a と、時刻割付部 3 b と、シャシー N o 割付部 3 c とから構成されている。順列作成部 3 a は、入力情報に基づいて、各工程に対する投入順列を作成する。作成された投入順列情報は、メモリ 6 に格納される。順列作成部 3 a の詳細構成については、図 2 を用いて後述する。

時刻割付部 3 b は、メモリ 6 に記憶されている順列作成部 3 a の出力結果である投入順列情報に、実暦の時刻を割り当てる処理を行う。割り当てられた実歴情報は、メモリ 7 に記憶される。

シャシー N o 割付部 3 c は、メモリ 7 に記憶された時刻付きの投入順列の車両 1 台毎に、車体管理番号であるシャシー N o を付与し、データをユニークなものとする。シャシー N o が付与された時点でエンドユーザが紐付けられる。シャシー N o の割り付けられた車両のデータは、メモリ 8 に記憶される。

出力部 5 は、プリンタ 5 a と、表示装置 5 b と、計画記憶部 5 c と、LAN 装置 5 d を備えている。出力部 5 は、順列作成部 3 a と、時刻割付部 3 b と、シャシー N o 割付部 3 c の処理結果が記憶されたメモリ 6, 7, 8 にアクセス可能であり、演算部 3 の処理結果である投入順列情報を参照可能であり、また、順列作成ポイント毎仕様付車両投入時刻順列情報を出力する。出力部 5 は、プリンタ 5 a への作業指示書等の出力や、ディスプレイ等の表示装置 5 b への表示や、ディスクファイル等の計画記憶部 5 d への記憶や、LAN 装置等の通信手順を用いて、他装置への開示を行う。実際には、表示装置 5 b から対話形式での修正を可能としている。

次に、図 2 を用いて、順列作成部 3 a の構成について説明する。

順列作成部 3 a は、入力情報取込み部 3 1 と、繰越し固定範囲決定部 3 2 と、初期オフライン順列作成部 3 3 と、初期リードタイム展開部 3 4 と、順列評価部 3 5 と、評価判定記憶部 3 6 と、処理終了判定部 3 7 と、オフライン順列作成部 3 8 と、リードタイム展開部 3 9 とを備えている。

ここで、図 3 を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の中の順列作成部 3 a の処理動作について説明する。

図 3 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の

中の順列作成部 3 a の処理を示すフローチャートである。

ステップ s 1 0 において、入力情報取込み部 3 1 は、入力部 1 の入力記憶装置 1 d からメモリに情報を読み上げる。

次に、ステップ s 1 5 において、繰越し固定範囲決定部 3 2 は、前回出力した投入順計画範囲で、まだ作業着手していない車両情報としての繰越し情報と前回出力した投入順計画とを比較し、繰越し情報で指定されない車両、つまり作業着手している車両を全工程において固定し、順序を入れ替えない設定を行う。繰越し情報は、作業が先頭工程から行われるために、先頭の順列作成ポイント工程で指示される。先頭順列作成ポイントから下流工程に対して、指定車両を追跡して投入順を固定する。但し、新たに受信した製造すべき車両が割り込むことは許している。

次に、ステップ s 2 0 において、初期オフライン順列作成部 3 3 は、組立工程の完了工程であるオフライン（組立完了した車両がラインを離れるため、オフラインと呼ぶ）ポイントでの初期投入順を作成する。初期投入順はランダムでも良いが、初期並び順の出来が最適投入順としての並び順を得るまでの探索回数に影響を及ぼすことになる。実際には、仕様、オプションの平準化を考慮した初期並び順を作成し、最適投入順に到達する収束回数の短縮を図っている。

次に、ステップ s 2 5 において、初期リードタイム展開部 3 4 は、初期オフライン順列作成部 3 3 で作成した初期並び順を元に、リードタイムずらし、補正を行い、前後の順列作成対象工程に順列を展開する。リードタイムずらし及びリードタイム補正の詳細については、図 1 6 ～ 図 2 0 を用いて後述する。

次に、ステップ s 3 0 において、順列評価部 3 5 は、初期リードタイム展開部 3 4 で作成された全工程の投入順の評価を行う。ここでの評価は、仕様、オプションに設定された要求条件を満足しない部分をチェックし、検出都度、ペナルティ値を算出する。全ての仕様、オプションに対して、全工程の投入順をチェックし、ペナルティ合算値を求める。ペナルティ値については、図 6 ～ 図 1 5 を用いて後述する。

次に、ステップ s 3 5 において、評価判定記憶部 3 6 は、初期順列の評価時はその値をメモリ 6 に記憶する。また、評価判定記憶部 3 6 は、2 回目以降の場合

は、記憶しているペナルティ値と比較し、ペナルティ値の良い方をメモリ 6 に記憶する。

次に、ステップ s 4 0 において、オフライン順列作成部 3 8 は、乱数を用いて、オフライン工程での投入順列の別パターンを作成する。

次に、ステップ s 4 5 において、リードタイム展開部 3 9 は、オフライン順列作成部 3 8 の見直されたオフライン順列に従い、前後工程へのリードタイムずらし、補正を行い、全体工程の投入順列を作成する。

次に、ステップ s 5 0 において、順列評価部 3 5 は、全体工程の投入順を評価して、評価値（ペナルティ値）を算出する。

次に、ステップ s 5 5 において、評価判定記憶部 3 6 は、記憶している評価値と、新しく求めた評価値を比較する。

そして、ステップ s 6 0 において、評価判定記憶部 3 6 は、評価値が改善されたか否かを判定し、改善された場合には、ステップ s 6 5 に進み、改善されていない場合には、ステップ s 7 0 に進む。

評価値が改善された場合には、ステップ s 6 5 において、評価判定記憶部 3 6 は、新しく求めた順列作成ポイントの全ての投入順を採用して、メモリ 6 に記憶する。

評価値が改善されていない場合には、ステップ s 7 0 において、評価判定記憶部 3 6 は、新しく求めた順列作成ポイント全ての投入順を破棄する。

さらに、ステップ s 7 5 において、処理終了判定部 3 7 は、繰返し探索が指定された回数完了したかをチェックし、指定回数終了していれば処理を終了する。指定回数終了していなければ、ステップ s 4 0 に戻り、上述の処理を繰返し実行する。

以下、図 4～図 2 0 を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置の中の順列作成部 3 3 の処理動作について説明する。

最初に、図 4 を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で投入順を作成する自動車製造工場における基本的な工程及び製造ラインの一例について説明する。

図 4 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で

投入順を作成する自動車製造工場における基本的な工程及び製造ラインの一例の説明図である。

工程は、例えば、車体工程（メイン、メタル）K 1，塗装工程（ペイント）K 2，組立工程（トリム）K 3，ファイナル工程（ファイナル）K 4の4工程に大きく分けられており、車体工程，塗装工程，組立工程，ファイナル工程の順で工程が進むものである。車体工程K 1は、車両の枠組みを溶接加工する工程である。塗装工程K 2は、塗装をする工程である。組立工程K 3は、通常、トリミング工程と呼ばれ、仕様，オプションを組み込む工程である。

図中、矢印付き細線で示すのは、ラインLである。車両は、このラインLの上を台車に乗るイメージで矢印方向に進みながら作業が行われ、完成車両の形を整えて行く。車体工程K 1，塗装工程K 2，組立工程K 3，ファイナル工程K 4内は、各々、その工程内部ではラインLに沿ってレールで連結され、等間隔，等速度で車両が移動する。

ラインLとしては、例示するものでは、例えば、主たるラインL 1，L 2に対して、車体工程K 1に設けられたラインL 3は、ラインL 2から分離して、ラインL 1に合流するラインである。塗装工程K 2に設けられたループ状のラインL 4は、ラインL 1の一部から分離するとともに、ラインL 1とは逆方向に車両を移動して、再び、ラインL 1に合流している。塗装工程K 2に設けられたラインL 5も、ラインL 2の一部から分離するとともに、ラインL 2とは逆方向に車両を移動して、再び、ラインL 2に合流している。ラインL 4，L 5は、例えば、車両の塗装をツートンカラーにする場合に、2度塗装ブースを通して2度塗る場合に用いられる。組立工程K 3において設けられたラインL 5は、ラインL 1から分離するとともに、ファイナル工程K 4では、再びラインL 1に合流している。

また、太線は、車種毎の製造ルートMRを示している。例えば、セダンタイプの製造ルートMR 1，ミニバン・ワゴンタイプの製造ルートMR 2，RVタイプの製造ルートMR 3を示している。車体工程K 1では、ミニバン・ワゴンタイプの車両及びRVタイプの車両は、ラインL 2で製造される。ミニバン・ワゴンタイプの車両の枠組みは、セダンタイプの車両よりも、RVタイプの車両に近い

め、ミニバン・ワゴンタイプの車両及びR Vタイプの車両は、同一のラインL 2で製造される。一方、塗装に関すると、ミニバン・ワゴンタイプの車両の塗装は、車高等の形状によりセダンタイプの車両の塗装に近いので、ラインL 1で塗装される。ラインL 2からラインL 1に移動するために、ライン間の分離・合流のためのラインL 3が設けられている。

組立工程K 3では、搭載される仕様やオプションは、セダンタイプ、ミニバン・ワゴンタイプ、R Vタイプは、それぞれ異なるため、ラインL 1、L 2に加えて、独立したラインL 6を備えている。

図中には示していないが、4個の大工程の間に車両を蓄積できるバッファを持つ場合がある。このバッファ内で順序の入れ替えを行える設備もあるが、以下の説明では、先入れ先出しの設備としている。

次に、図5を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる投入順序決定ポイントの一例について説明する。

図5は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる投入順序決定ポイントの一例の説明図である。なお、図4と同一符号は、同一部分を示している。

図5では、図4に示した大工程を更にブレイクダウンした、製造工程上のチェックポイントPを示している。通常、自動車製造業では、15～20のチェックポイントを有するが、ここでは、説明を簡単にするため、代表的な6ポイントで説明する。すなわち、図示するように、車体工程K 1の入口と出口に、それぞれ、セットアップポイントP 1と、車体完ポイントP 2を有する。また、塗装工程K 2の出口に塗装完ポイントP 3を有する。さらに、組立工程K 3の入口と出口に、組立入りポイントP 4とオフラインポイントP 5を有する。また、さらに、ファイナル工程K 4の出口に、ファイナル完ポイントP 6を有する。

この6個のポイントを押さえることにより、製造しようとする車両の製造ルートを、図中に示す番号で表すことができる。例えば、図4に示したミニバンの製造ルートMR 2は、「セットアップ3」－「車体完1」－「塗装1」－「組立入1」－「オフライン2」－「ファイナル完1」となる。この番号をライン区分と称し、「3 1 1 1 2 1」のように表している。

ライン区分で指定されるポイントで投入順列を決定すれば、工場全体の作業計画となる。但し、ポイントでの投入順とは、この投入順決定ポイントに対する車両の通過順番であり、ライン作業であるため、同時にポイントを通過できないため、時間差を持った通過順番を投入順または投入順列、単に順列と称している。

次に、図6を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる仕様、オプションに対して設定される投入順列作成上の制限条件の一例について説明する。

図6は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる仕様、オプションに対して設定される投入順列作成上の制限条件の一例の説明図である。

「仕様、オプション」とは、自動車を購入する場合、「ナビゲーション装置を付ける」とか、「4WD車にする」とか検討するが、「ナビゲーション装置」, 「4WD」等は、全て、仕様、オプションである。さらに、付記すると、車種はセダンで、色は黒で、排気量は2000ccで等と検討する全てが、製造者側から見ると仕様となる。一般にスペックと呼んでいる。車両のオーダーは基準車系、型式があり、あとは全て、仕様アドオンのスタイルとなっている。

本実施形態では、これら仕様、オプションに対して、投入順列を作成する上で、図6(A)～(E)に示す5種類の条件(A:構成比率平準化, B:最小間隔台数, C:最大連続台数, D:ロット条件, E:割付範囲指定)を付加可能としている。

第1は、図6(A)に示す構成比率による平準化である。仕様Aを持つ車両をA車とすると、組立車両オーダー全体の中で、A車が30%を占める場合、A車以外の70%に対して、A車が均等に配置されることが望ましいと言う条件である。例えば、図6(A)に示すように、組立車両が20台で、そのうちA車が6台の場合、A車を1台目、4台目、8台目、11台目、14台目、17台目のように、分散して配置するものである。

第2は、図6(B)に示す最小間隔台数であり、A車とA車の間には少なくとも指定されたA車以外の車両を挟むことが望ましいと言う条件である。例えば、図6(B)に示すように、最小間隔台数が1台の場合には、A車を1台目、3台

目、7台目、9台目、14台目、20台目のように配置して、A車とA車の間に、A車以外を1台以上挟むようにするものである。

第3は、図6（C）に示す最大連続台数であり、A車が連続しても良いが、最大でも指定された台数以下に抑えることが望ましいと言う条件である。例えば、図6（C）に示すように、最大連続台数が3台の場合には、A車を2台目、3台目、8台目、10台目、11台目、12台目のように配置して、A車を最大3台まで連続して配置可能とするものである。

第4は、図6（D）に示すロット条件であり、A車を最小何台、最大何台の条件で連続するようにロットまとめることが望ましいと言う条件である。例えば、図6（D）に示すように、組立車両が24台で、そのうちA車が10台の場合、ロット条件が最大5台、最小2台であるならば、A車を1台目、2台目、3台目、9台目、10台目、11台目、12台目、13台目、21台目、22台目のように、最大5台まで連続して配置可能であり、また、最小2台まで連続して配置可能とするものである。

第5は、図6（E）に示す割付範囲指定であり、オーダー全体の中でどの範囲で投入を行いなさいと言う条件である。本来輸送トラックの荷まとめ等の条件から来る指定である。このため、何時から何時までと言った時間帯指定であるか、全オーダー内の先頭何%から何%以内で生産投入と言った比率指定で行われる。例えば、図6（E）に示すように、組立車両（オフライン車両）が30台で、そのうちA車が7台の場合、割付け範囲指定が0～50%であるならば、A車を1台目、4台目、6台目、9台目、11台目、13台目、15台目のように、A車を0～50%の範囲、すなわち、1台目～15台目の範囲に配置するものである。

上述の条件が、「望ましい」と言う、絶対的な命令形でない表現をするのは、全ての条件を必ず守れるオーダー投入順が存在しない場合が、オーダーパターンによってはあり得るため、「できれば条件を守って」の表現である「望ましい」になる。では、守れなかった場合、何かしらの罰則を設けないと、条件として成立しないことになる。そこで、本実施形態では、守れなかった場合は「ペナルティ」を与えることとし、各条件毎に、ペナルティを計算するようにしている。ペナルティの計算方法については、図7～図9を用いて説明する。



投入順列作成上の制限条件としては、上述の条件の他に、他の条件を設けることも可能である。また、仕様、オプションに対して設定される投入順列作成上の制限条件としては、図6（A）～（E）に示す5種類の条件の内、A：構成比率平準化、B：最小間隔台数、C：最大連続台数、D：ロット条件は必須の条件である。E：割付範囲指定については、必要に応じて設定することができるものである。

次に、図7を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の構成比率平準化条件に対するペナルティの計算方法について説明する。

図7は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の構成比率平準化条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

構成比率による平準化条件は、図6（A）に示したように、組立車両オーダー全体の中で、A車が30%を占める場合、A車以外の70%に対して、A車が均等に配置されることが望ましいと言う条件である。例えば、図7に示すように、組立車両が10台で、そのうちA車が3台の場合、A車を1台目、4台目、10台目のように、分散して配置された場合のペナルティについて説明する。

全体の台数中、A車とA車の間に、A車以外が入れる台数（期待間隔台数）を求める。期待間隔台数は、 $\left( \frac{\text{全台数} - \text{A車台数}}{\text{A車台数}} \right)$ によって求めることができる。例えば、全体10台中、A車が3台含まれる場合、期待間隔台数は、2.3台 $\left( = \frac{10 - 3}{3} \right)$ となる。

図7に示したように3台のA車が10台の中の1台目、4台目、10台目に配置される並び順では、間隔台数が2台と、5台である。これは、期待間隔台数2.3台に対して、両者差異があるため、両方ともペナルティが課せられる。

ペナルティ値は、 $\left( \text{ペナルティの重み} \right) \times \left( \text{期待間隔台数との差分の絶対値の2乗} \right)$ により求める。図7の例では、重みを「-5」とすると、間隔が2台の場合のペナルティ値は、-0.45 $\left( = (-5) \times (0.3) \times (0.3) \right)$ であり、間隔が5台の場合のペナルティ値は、-36.45 $\left( = (-5) \times (2.3) \times (2.3) \right)$ となる。ペナルティとして、マイナスイメージを出している。

ペナルティが増えると、負の値が増加するため、負の値が小さい（0に近い）方が良いことになる。間隔が2台の場合は、 $-0.45$ ポイント、間隔が5台の場合は $-36.45$ ポイントと、A車は接近し過ぎても、離れ過ぎてもペナルティとなる。

次に、図8を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最小間隔台数条件に対するペナルティの計算方法について説明する。

図8は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最小間隔台数条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

ペナルティ値は、（ペナルティの重み） $\times$ （指定の最小間隔台数との差分の絶対値の2乗）により求める。例えば、最小間隔台数が2台の場合、図8に示すように、4台のA車が8台の中の1台目、3台目、7台目、8台目に配置される並び順では、1台目と3台目の間は、1台であるので、ペナルティが課せられ、3台目と7台目の間は、3台であるので、ペナルティが課せられない。7台目と8台目の間は0台であるので、ペナルティを課せられる。

図8の例では、重みを「 $-5$ 」とすると、間隔が1台の場合のペナルティ値は、 $-5$ （ $= (-5) \times (1) \times (1)$ ）であり、間隔が0台の場合のペナルティ値は、 $-20$ （ $= (-5) \times (2) \times (2)$ ）となる。

次に、図9を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最大連続台数条件に対するペナルティの計算方法について説明する。

図9は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置で用いる制限条件の中の最大連続台数条件に対するペナルティの計算方法の説明図である。

ペナルティ値は、（ペナルティの重み） $\times$ （指定の最大連続台数との差分の絶対値の2乗）により求める。例えば、最大連続小間隔台数が3台の場合、図9に示すように、9台のA車が13台の中の1台目、2台目、6台目、7台目、8台目、9台目、11台目、12台目、13台目に配置される並び順では、1～2台

目は、2台連続であるので、ペナルティが課せられない。6～9台目の間は、4台連続であるので、ペナルティが課せられる。11～13台目の間は3台であるので、ペナルティが課せられない。

図9の例では、重みを「-5」とすると、連続台数が4台の場合のペナルティ値は、 $-5 (= (-5) \times (1) \times (1))$ となる。

なお、図6(D)に示したロットまとめ条件や、図6(E)に示した割り付け範囲指定に対しても、同様にペナルティ値を求めることができる。

次に、図10及び図11を用いて、図3のステップs20とステップs40における投入順作成処理について説明する。

図10及び図11は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における投入順作成処理の説明図である。

図3のステップs20において、初期オフライン順列作成部33は、組立工程の完了工程であるオフラインポイントでの初期投入順を作成する。

例えば、図10(A)に示すように、セダン(S)，ミニバン(M)，4WD(WD)3種類の仕様、スペックを持つ20台の車両があり、1つの車両に2つの仕様を設定した場合、例えば、セダンが3台、セダン+4WDが2台、ミニバンが11台、ミニバン+4WDが4台の各台数に対して、乱数で初期の並び順を作成すると、例えば、図10(B)のようになる。すなわち、先頭から、セダン、ミニバン、ミニバン+4WD、セダン、ミニバン、セダン+4WDというような並び順である。

ステップs40では、オフライン順列作成部38は、乱数を用いて、オフライン工程での投入順列の別パターンを作成する。相互結合型ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズムでは、オーダー数に併せた一様乱数（本例では1から20の数値が等確率で出現する乱数である。）を2度発生させ、2度の乱数値が異なれば、その乱数の指す位置の車両を入れ替えることで、新しい並び順を生成する。例えば、図11(A)に示した並び順（図10(B)と同じもの）に対して、乱数を用いて並び順を変えたものが、図11(B)に示すようになる。

次に、図12～図15を用いて、図3のステップs30とステップs50における評価値計算処理について説明する。

図 1 2 ～ 図 1 5 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置における評価値計算処理の説明図である。

図 1 2 は、仕様に対する制約条件及び構成比率の評価用テーブルを示している。制約条件としては、仕様「セダン」には、最小間隔台数 1 台が与えられている。また、仕様「4WD」には、最小間隔台数 2 台が与えられている。仕様「ミニバン」には、最大間隔台数 3 台が与えられている。

また、全ての仕様に、構成比率による平準化の条件が設定されている。例えば、図 1 0 (A) に示した例では、全車 2 0 台に対してセダンは 5 台であるので、図 7 に説明したように、セダンの期待間隔台数は、3 台 ( $= (20 - 5) / 5$ ) である。4WD の期待間隔台数は、2. 3 台 ( $= (20 - 6) / 6$ ) である。ミニバンの期待間隔台数は、0. 2 台 ( $= (20 - 15) / 15$ ) である。

仕様に対する制約条件及び構成比率に対するペナルティ重みは、- 5 としている。

図 3 のステップ s 3 0 では、順列評価部 3 5 は、初期リードタイム展開部 3 4 で作成された全工程の投入順の評価を行う。ここでの評価は、仕様、オプションに設定された要求条件を満足しない部分をチェックし、検出都度、ペナルティ値を算出する。全ての仕様、オプションに対して、全工程の投入順をチェックし、ペナルティ合算値を求める。

ここで、図 1 3 は、図 1 0 (B) に示した初期投入順に対して、図 1 2 の仕様に対する制約条件及び構成比率の評価用テーブルを用いて、評価した例を示している。

最初に構成比率の平準化のペナルティ値について説明する。仕様「セダン」の場合、期待間隔台数は、3 台である。セダンは、1 台目の次は、4 台目にあるので、間隔は 2 台であるから、ペナルティ値は、図 7 に示した計算方法により、 $-5 (= (-5) \times (3 - 2) \times (3 - 2))$  となる。4 台目のセダンの次のセダンは、6 台目にあるので、間隔は 1 台であるから、ペナルティ値は、 $-20 (= (-5) \times (3 - 1) \times (3 - 1))$  となる。同様にして、全てのセダンについて、構成比率のペナルティを求めると、それぞれ、「0」, 「-20」, 「-80」, 「-45」となるので、ペナルティの合計値は、「-150」となる。

仕様「4WD」の場合、期待間隔台数は、2.3台である。4WDは、3台目の次は、6台目にあるので、間隔は2台であるから、ペナルティ値は、 $-0.45 (= (-5) \times (2.3 - 2) \times (2.3 - 2))$ となる。6台目の4WDの次の4WDは、11台目にあるので、間隔は4台であるから、ペナルティ値は、 $-14.45 (= (-5) \times (2.3 - 4) \times (2.3 - 4))$ となる。同様にして、全ての4WDについて、構成比率のペナルティを求めると、それぞれ、「0」、「 $-0.45$ 」、「 $-14.45$ 」、「 $-8.45$ 」、「 $-8.45$ 」、「 $-2.45$ 」となるので、ペナルティの合計値は、「 $-34.25$ 」となる。同様にして、仕様「ミニバン」に対しても、構成比率のペナルティ値を求め、その合計値として、「 $-17.6$ 」が求められる。

次に、制約条件のペナルティ値について説明する。仕様「セダン」には、図12に示したように、最小間隔台数「1台」の制約条件が付けられている。セダンは、1台目の次は、4台目、6台目、14台目にあるが、それぞれの間隔は、2台、1台、7台であるので、ペナルティは課せられない。しかし、14台目のセダンの次は、15台目にセダンがあるので、間隔は0台であるから、ペナルティ値は、図8に示した計算方法により、 $-5 (= (-5) \times (1 - 0) \times (1 - 0))$ となる。同様にして、全てのセダンについて、構成比率のペナルティを求めると、それぞれ、「0」、「0」、「0」、「 $-5$ 」となるので、ペナルティの合計値は、「 $-5$ 」となる。

仕様「4WD」の場合には、図12に示したように、最小間隔台数「2台」の制約条件が付けられている。4WDは、3台目の次は、6台目、11台目にあるが、それぞれの間隔は、2台、4台であるので、ペナルティは課せられない。しかし、11台目のセダンの次は、13台目にセダンがあるので、間隔は2台であるから、ペナルティ値は、 $-5 (= (-5) \times (3 - 2) \times (3 - 2))$ となる。同様にして、全てのセダンについて、構成比率のペナルティを求めると、それぞれ、「0」、「0」、「0」、「 $-5$ 」、「 $-5$ 」、「0」となるので、ペナルティの合計値は、「 $-10$ 」となる。同様にして、仕様「ミニバン」に対しても、最大連続台数のペナルティ値を求め、その合計値として、「 $-100$ 」が求められる。なお、仕様「ミニバン」では、7台目から13台目まで7台のミニバンが

連続するが、この連続した最後の13台目のミニバンに対して、ペナルティ値は、図9に示した計算方法により、 $-80 (= (-5) \times (7-3) \times (7-3))$ とする。

したがって、図13に示した並び順に対するペナルティ値の総合計は、「-316.85」となる。

次に、図14を用いて、図11(B)に示した入れ替えを行った投入順に対して、図12の仕様に対する制約条件及び構成比率の評価用テーブルを用いて、評価した例を示している。

図3のステップs40において、オフライン順列作成部38が、乱数を用いて、オフライン工程での投入順列の別パターンを作成した後、ステップs50において、順列評価部35は、全体工程の投入順を評価して、評価値（ペナルティ値）を算出する。算出の方法は、図13において説明したものと同様である。

図11(A)，(B)において説明したように、9台目と11台目の入れ替えを行うと、セダン及びミニバンの構成比率による平準化のペナルティは、それぞれ「-150」，「-17.6」と変化はないものである。しかし、4WDの構成比率による平準化のペナルティは、「-34.25」から「-14.25」へと低下している。また、セダンの最小間隔台数とミニバンの最大間隔台数のペナルティは、それぞれ「-5」，「-100」と変化はないものである。しかし、4WDの最小間隔台数のペナルティは、「-10」から「-5」へと低下している。

したがって、図14に示した並び順に対するペナルティ値の総合計は、「-291.85」となり、初期並び順より改善をしている。

次に、図15は、ペナルティ合計値が最も小さくなった並び順、評価状態を示している。図3のステップs75において説明したように、並び替えを行う探索は指定回数行われ、評価値（ペナルティ値）がその前の評価値より改善されると、ステップs65において、新しく求めた順列作成ポイント全ての投入順が採用され記憶される。このようにして求められた投入順が、図15に示すものである。

図15に示すように、投入順に、「セダン+4WD」，「ミニバン」，「ミニバン」，「セダン+4WD」，「ミニバン」とすることにより、仕様「セダン」

に対する構成比率のペナルティ値の合計値が、「-15」となり、仕様「4WD」に対する構成比率のペナルティ値の合計値が、「-7.8」となり、仕様「ミニバン」に対する構成比率のペナルティ値の合計値が、「-17.6」となり、仕様「セダン」, 「4WD」, 「ミニバン」に対する制約条件のペナルティ値の合計値が、それぞれ、「0」となり、全体のペナルティの総合計は、「-40.4」となり、改善している。

さらに、ランダム検索ではなく、相互結合型ニューラルネットワークを用いることにより、最適並び順への収束の高速化を図ることができる。また、遺伝的アルゴリズムを使用することで、更に高速化することができる。さらに、評価式、重みの付け方で、出来上がりの順列を、作成者の意図するものにコントロールできる。

次に、図16～図20を用いて、図3のステップs25とステップs45におけるリードタイムずらし処理について説明する。

図16～図20は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置におけるリードタイムずらし処理の説明図である。

最初に、図16を用いて、リードタイムずらしの基本的な考え方について説明する。図16では、図5の組立工程K3を例にして、リードタイムずらしを説明している。図16(A), (B), (C)において、各四角の枠は、1台ずつの車両を示している。

図16(A)において、組立入工程(図5のポイントP4)と、オフライン工程(図5のポイントP5)の間には、8台の車両が滞留する状況である。1台の作業時間が1時間である場合(ライン速度=1台/Hrの場合)、組立入工程からオフライン工程に到達するまで、8時間を要することになる。

図16(B)は、組立入工程における投入順を示し、図16(C)は、オフライン工程における投入順を示している。図16(C)に示すように、オフライン工程で17:00に車両が欲しい場合は、組立工程におけるライン速度と、滞留台数とから、8台÷1台/Hrにより、8時間前、すなわち、8:00に組立入工程で完了するように投入すれば良いことになる。以上のようにして、滞留台数、処理速度を用いて、前工程に並び順を伝達することができる。

次に、図 17 を用いて、ストレージがある場合のリードタイムずらしの考え方について説明する。図 17 では、図 5 の塗装工程 K 2 組立工程 K 3 との間にストレージを設けた場合を例にして、リードタイムずらしを説明している。図 17 (A), (B), (C), (D) において、各四角の枠は、1 台ずつの車両を示している。

工程間に能力差が合った場合に能力差を吸収する手段を講じないと、能力の高い方が車両待ちとなり、ライン停止に追い込まれることになる。そのために、ストレージと呼ばれるバッファを備えている。

例えば、図 17 (A) に示すように、塗装工程 K 2 のライン速度が 1 台 / 1 H r とし、組立工程 K 3 のライン速度が 1 台 / 30 分とした場合、図 5 に示した塗装工程 K 2 の塗装完了ポイント P 3 と、組立工程 K 3 の組立入りポイント P 4 の間に、8 台のストレージと呼ばれるバッファを備える。能力が低い塗装工程は、組立工程側が休んでいる時間帯に、ストレージに車両を溜めこみ、速度バランスが保てるようにする。具体的には、能力が低い塗装工程が勤務時間を増やし、ストレージに蓄積する。能力が高い組立工程が、ストレージの蓄積車両を作業消化している間にも、塗装作業を行うことで、常にストレージに何台かが残る仕組みを作れば、能力の高い組立側がライン停止しないようにすることができる。

図 17 (B) は、塗装完了ポイントにおける投入順を示し、図 17 (C) は、ストレージの残台数を示し、図 17 (D) は、組立入工程における投入順を示している。

ストレージにおけるリードタイムずらしは、ストレージの蓄積台数を用いて行える。例えば、図 17 (D) に示す A 車を 12 : 00 に組立入ポイントに投入するには、そのときのストレージの残台数が「3 台」であるならば、3 台分遡って、8 : 00 に塗装工程の塗装完了ポイントに投入すればよいことになる。

ストレージがある場合のリードタイムずらしは、図 16 に示した滞留台数に、図 17 に示したストレージの蓄積台数を加味し、ストレージ台数の収支計算を行うことで、リードタイムずらしが行える。ここでの収支計算とは、ストレージに入る、出るの差引き残台数を前後工程の出入の時間断面で計算することである。

次に、図 18 を用いて、図 17 に示したリードタイムずらしの考え方を、実際



の稼動状況を加味して説明する。

塗装完側は、図18(A)に示すように、休憩時間（例えば、3:00～4:00, 12:00～13:00）を挟みながら連続で生産を行っている。組立入側の工程は、塗装完側と能力同期するために、図18(C)に示すように、一部のシフトを休み（例えば、23:00～8:00, 12:00～13:00）にしながら生産を行う。組立入は、塗装完の2倍の能力で30分に1台生産する。塗装完は、1時間に1台の能力で生産する。図18(B)は、上述の場合のストレージ残台数の推移を示している。

図18の例は、2つの工程のバランスがとれた例である。組立入側の車両Zに注目すると、塗装完で23:00に完了した車両である。車両Zを組立入工程で、8:00に割り付けるために、本実施形態では、図18(B)に示したストレージの出入りを、出入りのあった時間断面で収支追跡を行なっている。組立入で車両Zを取り出した時間（8:00）における断面でのストレージ残台数は、8台を示している。したがって、この8台は、塗装完工程の車両生産枠8個を飛ばした（時間的に遡った）位置に車両Zが入ることを示している。塗装完工程で車両Zは、時刻8:00より、車両h, g, f, e, d, c, b, aが割り付く8台の生産枠を飛ばして、22:00からの生産枠に割付けられてる。

ここで、生産枠の数（タクトとも言い換えられる）で捕らえると、非稼動時間の考慮が非常に簡単になることがわかる。つまり、生産の枠の数を数えるだけのため、非稼動時間に生産枠を割り付けなければ、考慮する必要がないことになるためである。

また、図示の例では、前後の工程に能力差がある場合に、ストレージに溜めこむ台数をコントロールすれば、いかなる能力差も、稼動時間の差も吸収できることを示している。

次に、図19及び図20を用いて、図3のステップs25とステップs45におけるリードタイムずらし処理の中のリードタイム補正について説明する。

図19(A)は、ツートンカラーの塗装の場合の例を示しており、ツートン塗装のY車は、2回塗装ブースを通過する必要がある。すなわち、塗装入工程後、塗装ブースで1度目の塗装を行った後、迂回ラインを経由して、再度2度目の塗

装のため、塗装ブースを通過する。

図18 (B) に示すように、1回目の塗装時に、X, Y, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7と並んでいたとすると、図18 (C) に示すように、Y車が2回目のループに入るため、そのときには、X, Y, 1, 2, 3, 4, 5, 6, Y, 7と並ぶことになる。したがって、図18 (D) に示すように、塗装完了の順序は、X, Y, 1, 2, 3, 4, 5, 6, Y, 7と並ぶことになり、塗装完了工程では、X, Y, 1, 2, 3, …の順で車両を得られないことになる。

そこで、塗装完了工程でX, Y, 1, 2, 3, …の順で車両を得たい場合、2回目の塗装に回るルート移動時間が把握できれば、順序を組替えることが可能である。図18 (A) に示した例では、迂回ラインに掛かる時間を2時間とし、2時間早めた投入を塗装入り工程で行う頃ことで解決ができる。このように迂回ライン等に要する時間を補正することを、リードタイム補正と称する。リードタイム補正は、時間又は台数で行うことができる。

次に、図20を用いて、図19に示したリードタイム補正の考え方を、より具体的な塗装ラインで説明する。

図20 (A) に示すように、自動車製造業の塗装工程は、下塗り（一般に電着塗装）、中塗り、上塗り、オープン（焼き付け）により構成される。ここで、上塗り工程は、複数の塗装ブース（塗装色Aの上塗りブース、塗装色Bの上塗りブース、塗装色Cの上塗りブース）で構成される。なお、塗装ブースの塗装色は、固定ではなく、変更若しくは切替が可能である。

一般に、白は他の色よりも塗装回数（上塗り回数）が多いため、塗装時間がかかる。高級車の塗装も一般車に比べて厚く塗装するため時間がかかる。つまり、スペックにより塗装の通過時間が異なるのが一般的である。図20に示す例では、塗装色Aの車両の塗装ブースの通過時間を20分とし、塗装色Bの車両の塗装ブースの通過時間を15分とし、塗装色Cの車両の塗装ブースの通過時間を10分としている、ツートンの戻り工程では、テープ作業も含め、通過に25分かかるとしている。

この場合に、図20 (B) に示すように、塗装完ポイントで、塗装色A, B, C, A, B, C, A, ツートン (B + C), Aの車両の順で車両が欲しい場合、

車体完では通過時間をリードタイムずらしの時間とすれば、簡単に順序を決定できる。例えば、ツートン（B+C）は、B通過時間15分+テープ通過時間25分+C通過時間10分の計50分をリードタイムとしている。図20（B）の点線は、5分の時間間隔を示している。

以上のように、リードタイムずらし、リードタイム補正の考え方をを使うと、プラント内部の細かい制約を飛ばして、投入順の欲しいポイントの投入順を決定することができる。

図20に示した例では、車体完工程で時間が重複していないが、リードタイムずらし結果は時間的に重複する可能性が多分にある。この時間が重なった場合の車両の順序付けのルールを確立しておけば、適切な投入順列を得ることができる。

次に、図21～図25を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例について説明する。

図21～図25は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置に入力する情報の一例の説明図である。

図21は、図1の入力部1に入力する組立車両オーダー情報の一例を示している。このオーダー情報を用いて、実際に、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置を動作させた例を、図22以降を用いて説明する。

オーダーは基準車系として、S（セダン）、M（ミニバン）、R（RV）の3種で、セダンとミニバンは各々8台、RVは5台組立てる場合である。車両は、CD、カーナビ、4WD、ツートンカラーの4種類の仕様を持つ設定になっている。ライン区分は、製造ルートであり、図4で示した製造ラインを対象とし、図5で示した順列作成ポイントで投入順列を作成させる。オフライン日は、図5に示したファイナル完ポイントP6においてオフラインされる予定日である。

例えば、No. 1は、セダン（S）で、塗装色は、赤である。ライン区分が「111111」とは、図5における投入順序決定ポイントが、「セットアップ1」－「車体完1」－「塗装1」－「組立入1」－「オフライン1」－「ファイナル完1」となるものであり、図4のセダンの製造ルートMR1であることを表している。オフライン日は、2000年8月30日となっている。仕様としては、CDが装着される。また、例えば、No. 15は、ミニバン（M）で、塗装色は、

赤黒である。ライン区分が「3 1 1 1 2 1」とは、図5における投入順序決定ポイントが、「セットアップ3」－「車体完1」－「塗装1」－「組立入1」－「オフライン2」－「ファイナル完1」となるものであり、図4のミニバンの製造ルートMR2であることを表している。オフライン日は、2000年8月30日となっている。仕様としては、CDが装着されること、及び、赤と黒のツートン塗装であることを表している。。

図22は、図1の入力部1に入力する順列作成ポイント情報の一例を示している。

図22の横軸の項目の「ライン区分」は、「1 1 1 1 1 1」，「3 1 1 1 2 1」，「3 3 3 3 3 3」の3種類であり、図4に示した3種類の製造ラインMR1，MR2，MR3を示している。「月」は、製造月を示しており、「8月」であることを示している。「ポイント名」は、図5に示したセットアップポイントP1，車体完ポイントP2，塗装完ポイントP3，組立入りポイントP4，オフラインポイントP5，ファイナル完ポイントP6を示している。各ポイントは、各製造ライン毎に設けられている。

さらに、「2 4 D」は24日D勤（昼勤）、「2 4 N」は24日N勤（夜勤）を示している。そして、各勤務毎の数値は、各工程の指定勤務での生産予定台数である。

以上のようにして、順列作成ポイント情報は、各製造ライン毎の各ポイントにおける各勤務毎の生産予定台数を示す情報となっている。

図23は、図16で説明した滞留指定台数の情報の一例を示している。

図23の横軸の項目の「ライン区分」は、「1 1 1 1 1 1」，「3 1 1 1 2 1」，「3 3 3 3 3 3」の3種類であり、図4に示した3種類の製造ラインMR1，MR2，MR3を示している。「月」は、製造月を示しており、「8月」であることを示している。「ポイント名」は、図22に示したものと異なるが、

「車体」はセットアップから車体完の工程間、「塗装」は車体完から塗装完の工程間、「PBS」及び「組立」は塗装完から組立入の工程間、「ファイナル」はオフラインからファイナル完の工程間を示している。各ポイントは、各製造ライン毎に設けられている。

さらに、「24D」は24日D勤（昼勤）、「24N」は24日N勤（夜勤）を示している。そして、各勤務毎の数値は、各工程の指定勤務での生産予定台数である。

以上のようにして、滞留指定台数情報は、各製造ライン毎の各ポイントにおける各勤務毎の滞留指定台数を示す情報となっている。滞留指定台数は、該当する2つの工程間でリードタイムずらしを行う場合に、検討に加える必要がある情報である。

図24は、図1の入力部1に入力するスペック（仕様）に対する評価用基礎情報の一例を示している。評価用基礎情報は、評価条件のテーブルとして入力される。

図24の横軸の「ポイント」の番号は、図5に示したセットアップポイントP1からファイナル完了ポイントP6までの順列作成ポイントに対応している。

「SPEC（仕様）」としては、CDと、カーナビを例示している。

図24の例では、順列作成ポイントのP5において、重みについてのみ、CD及びカーナビに対して「5」としている。これは、Min（最小間隔台数）、Max（最大連続台数）の指定は、全ての順列作成ポイントで行っていないことを示している。5番目の順列作成ポイント（オフライン工程P5）に重み5が設定されている。これは、オフライン工程の順列に構成比率の平準化の条件のみを適用して、順列作成をする指示である。

図24の表は指定変更可能であり、ここに条件設定を行なうことで、作成した順列のコントロールが行なえる。

図25は、ツートンカラーの補正条件を示している。「SPEC（仕様）」が、ツートン塗装の場合、「適用ライン区分」は、「-11-」となっている。すなわち、図5に示すように、車体完ポイントP2=1と、塗装完ポイントP3=1の間に、ツートン塗装のための補正条件が適用されることを示している。「補正時間」は、120分補正する必要があることを示している。

なお、補正は、「台数」であってもよいものである。台数で指定できるメリットは、タクト（シフト作業時間／シフト内生産台数）長さに依存せずに期待する順序割り込みができる点にある。時間の場合メリット迂回するラインのような場

合に、本線との合流を定義し易いものである。

次に、図 2 6～図 3 2 を用いて、本実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例について説明する。

図 2 6～図 3 2 は、本発明の一実施形態による自動車製造ラインの投入順計画立案装置によって作成された投入順列情報の一例の説明図である。

図 2 6 に示すように、投入順列情報は、車系、塗色、ライン区分、セットアップポイントの時間、車体完ポイントの時間、塗装完ポイントの時間、組立入ポイントの時間、オフラインポイントの時間、ファイナル完ポイントの時間、仕様 (SPEC1, SPEC2) から構成されている。

例えば、第 1 列に示される車系「S (セダン)」は、塗色「赤」、ライン区分「1 1 1 1 1 1」、セットアップポイントの時間「8/24 17:00」、車体完ポイントの時間「8/25 16:30」、塗装完ポイントの時間「8/28 16:30」、組立入ポイントの時間「8/29 17:00」、オフラインポイントの時間「8/30 17:00」、ファイナル完ポイントの時間「8/31 16:30」、仕様 (SPEC1, SPEC2) 「CD」となっている。図 2 6 に示される情報の中で、車系、塗色、ライン区分、オフラインポイントの時間、仕様 (SPEC1, SPEC2) は、図 2 1 に示したものと同様である。但し、図 2 1 の車両を図 2 1 で指定されたオフラインポイントの時間 (いずれも、2001年8月30日) にオフラインポイントを終了するようになっており、その条件を満たすための投入順になっているとともに、各ポイントの時間が設定されている。

車系は、セダン (S)、ミニバン (M)、RV (R) と異なる物であり、これらの 3 車系は、図 3 において説明したように、混流ラインで製造されるものである。このような混流ラインにより製造される車両に対しても、本実施形態を用いることにより、容易に効率的な投入計画を作成することができる。

次に、図 2 7 は、図 2 6 に示したオフライン工程部の投入順列を取り出し、オフラインのライン 1, 2, 3 に配分して、各々の投入順列に書き直したものである。ラインが異なるため、同時刻の設定がなされている。

このように、投入ポイント毎の投入順序も出力することができるので、各工程のポイント毎の投入順序も容易に知ることができる。

次に、図 2 8 は、オフライン工程から組立入工程へのリードタイムずらし状況

を示している。この間はラインの分岐、合流はないため、オフライン順序が守られる形で、組立入工程の投入順が決定されている。

一方、図 29 は、組立入工程から、塗装完工程へのリードタイムずらし状況を示している。組立入の 1, 2 ライン分が塗装完ライン 1 に集約されたことがわかる。

また、図 30 は、塗装完工程から車体完工程へのリードタイムずらし状況を示している。ツートンの仕様を持つ B 15 は、ツートン塗装のために、時間が掛かるため、車体完ラインでは、ツートン塗装に要する分だけリードタイムずらしされて投入されている。

さらに、図 31 は、車体完工程からセットアップへのリードタイムずらし状況を示している。車体完 1 の車両が、セットアップの 1, 3 に分かれている。

また、図 32 は、オフラインからファイナル完工程へのリードタイムずらし状況を示している。

自動車は、製造原価の非常に高い製品であるため、在庫を持つことは大きなリスクとなる。また、在庫をどのような仕様、オプションで製作しておくか等の問題で、自動車製造メーカーは、在庫を最小限に留める、または、持たないこととする必要がある。また、注文を受けてから納車までの期間（製造側ではリードタイムと呼ぶ）を短くすることで顧客満足度を向上させることが、競争力維持のために必要となる。更に、工場の操業効率を上げれば、日産の台数が向上し、製造原価を下げるができる。

これらの条件により、工場は注文を受け付けて、注文を現在ラインに指示している組立完了予定の車両投入順に効率良く追加し、全工程の投入順に替え、製造の体制を早急に整えることが必須である。

そこで、本実施形態では、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を作成し、リードタイムずらし、リードタイム補正を行いながら、前後工程の投入順列を決定する。この投入順列に対して、予め設定された仕様、オプションの評価条件に従い、チェックを行い違反箇所を検出毎に、予め設定された重みと評価式によりペナルティ値を計算し、合計のペナルティ値が最小となる投入順列を繰り返し検索することにより、作業性の良い投入順列計画が、短時間で作成すること

が可能となる。このため、計画担当者の負荷の軽減を図ることのみならず、投入順計画立案時間の短縮によるオーダー締め切り時間の延長が可能となり顧客サービスの向上、オーダー精度の向上が図れる。また、作業効率の向上による製造枠（生産台数）の厳守が図れる等で、利益損失機会の減少を図ることができる。また、予測オーダー情報が作成できれば、その予測オーダーを入力し、未来の相当日数の予測生産順序情報を作成し、部品メーカー等に事前に提供することを可能とし、部品メーカーが生産計画、在庫計画を適格に行なえる環境を作り出す。未来の相当日数は、部品メーカーの部品製造に必要なリードタイム以上あれば、部品メーカーは在庫を0にすることが可能となる。

以上説明したように、本実施形態によれば、分岐・合流を含む混流ラインで、複数工程の要求条件をバランス良く解決する投入順を、容易に作成可能となり、「早急に」、「効率良く」を実現可能としている。更に、投入順計画立案時間の短縮によるオーダー締め切り時間の延長、作業効率の向上による製造枠（生産台数）の厳守等の付加価値を生みだしている。

#### 産業上の利用の可能性

本発明によれば、効率的な投入順が作成可能な自動車製造ラインの投入順計画立案装置を得ることができる。



## 請求の範囲

1. 製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求めることを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

2. 請求項1記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記制約条件は、同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数であることを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

3. 請求項1記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定することを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

4. 請求項1記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、分岐や合流を伴う混流ラインにおいても、工程間の滞留台数や蓄積台数を利用して、車両毎に異なるリードタイムを算出して、リードタイムずらしを行い、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定することを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

5. 請求項 3 記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

ツートンカラー塗装作業等でラインを 2 度通過する車両に対して、時間または台数を付加してリードタイムを補正することを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

6. 請求項 1 記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、仕様、オプション毎にペナルティ計算時の重みを変えられることを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

7. 請求項 1 記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、相互結合型ニューラルネットワークや遺伝的アルゴリズム等の最適化手法を用いて、ペナルティ値が最小となる投入順を求めることを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

8. 請求項 1 記載の自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、上記制約条件を、投入順を決定する工程毎に設定できることを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

9. 製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求め、

さらに、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定することを特徴とする自動車製造ラインの投入

順計画立案装置。

10. 製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数からなる制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を求め、

さらに、組立完了工程であるオフライン工程の投入順列を、工程間の滞留台数や蓄積台数を使ったリードタイムずらしを用いて、前工程や後工程へ投入順を伝播させ、前後工程の投入順を決定することを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

11. 製造すべき車両情報を入力する入力部と、この入力部に入力された上記車両情報に基づき最適な投入順を決定する演算部と、この演算部で求めた投入順計画を外部に出力する出力部とを有する自動車製造ラインの投入順計画立案装置において、

上記演算部は、車両の投入順を作成するとともに、上記入力部から入力した作業投入時の同一仕様車両の平準化分配、特定仕様車の最小投入間隔、連続投入台数の考慮、連続投入時の最大連続台数、最小連続台数からなる制約条件に基づいて、作成された投入順の不満足度をペナルティ値として求め、複数の投入順を作成しながら、それぞれの投入順毎の制約条件に対するペナルティ値を求め、ペナルティ最小となる投入順を決定することを特徴とする自動車製造ラインの投入順計画立案装置。

図1

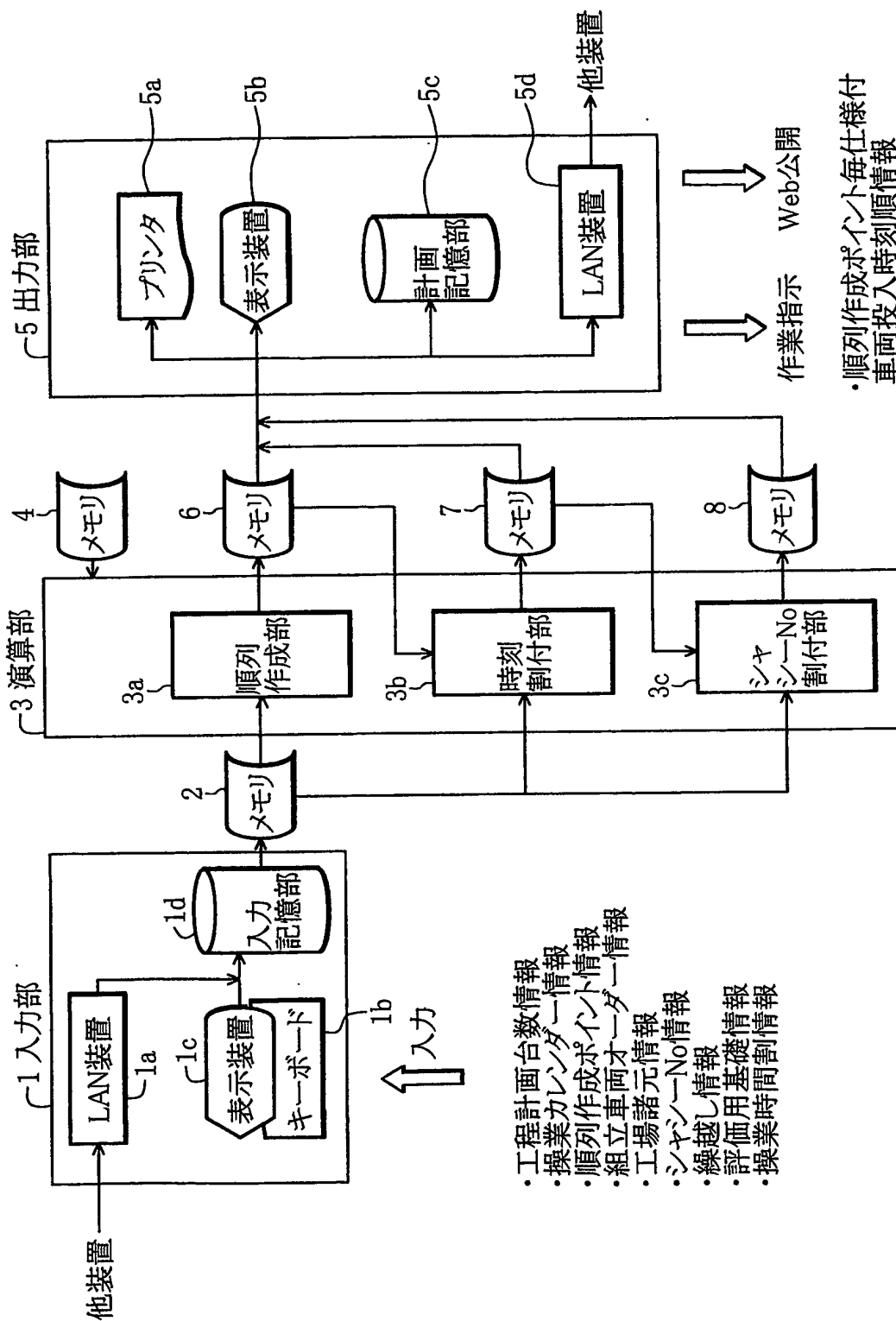


図2

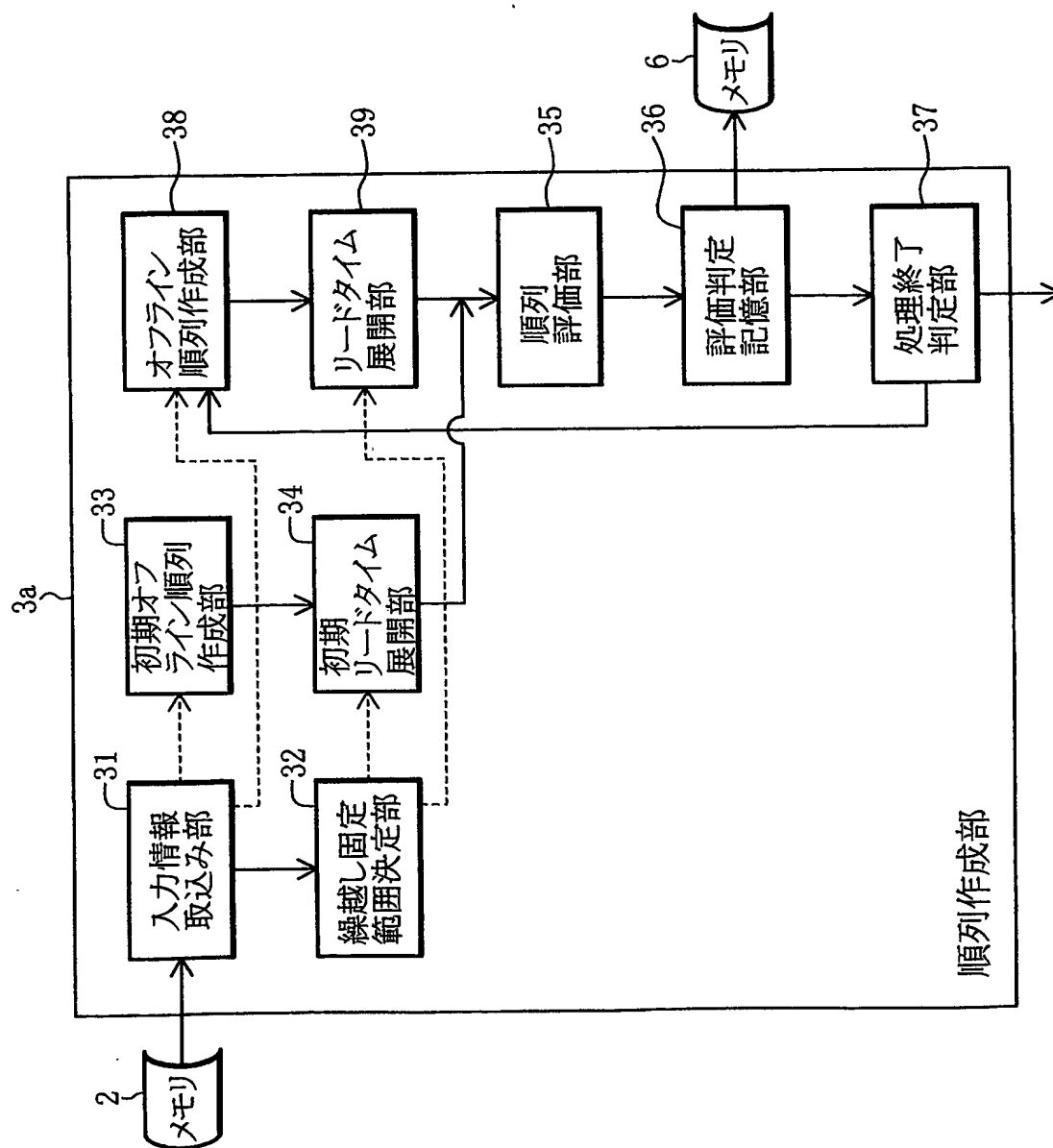


図3

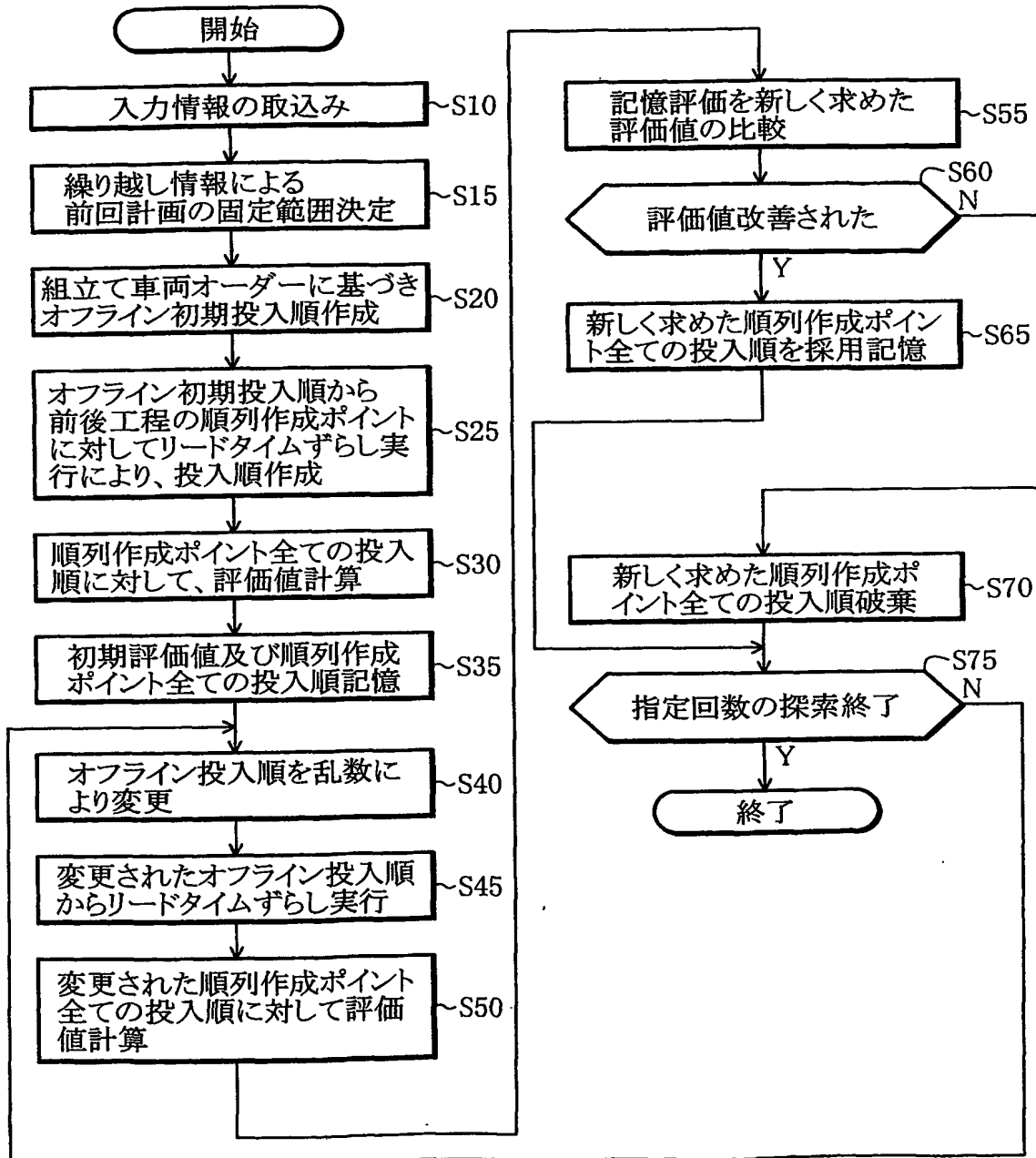


図4

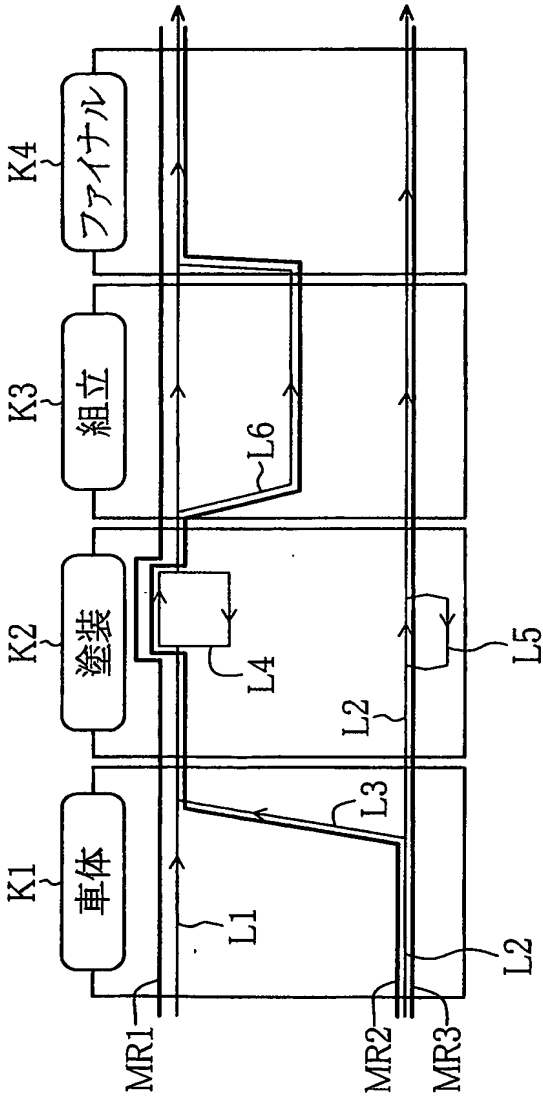


図5

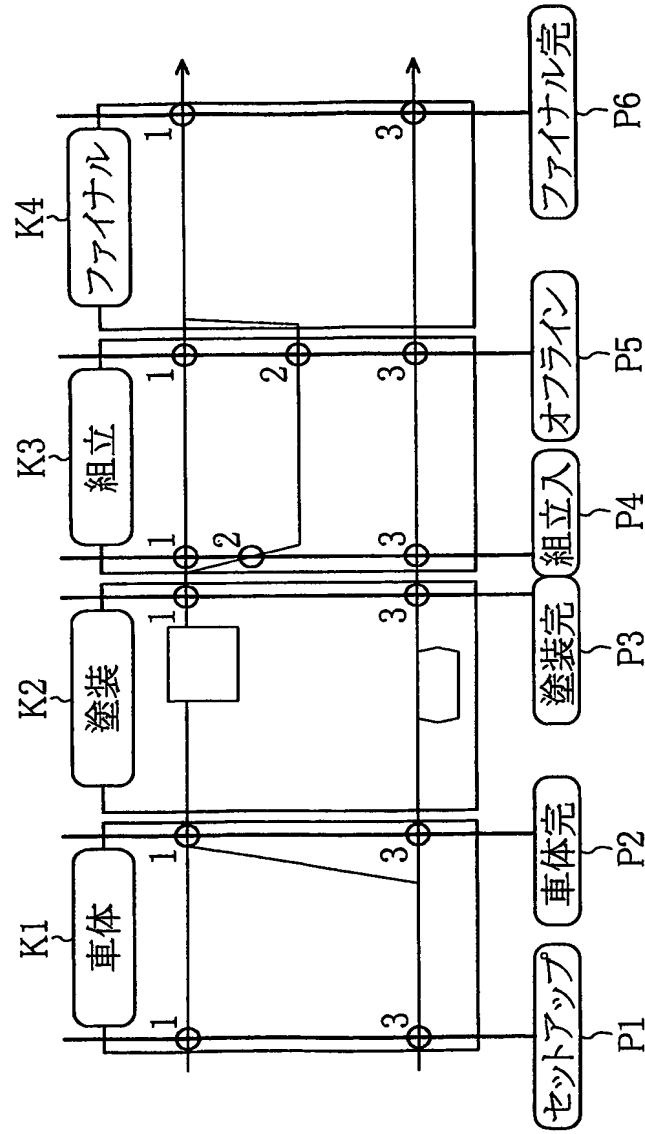




図6A

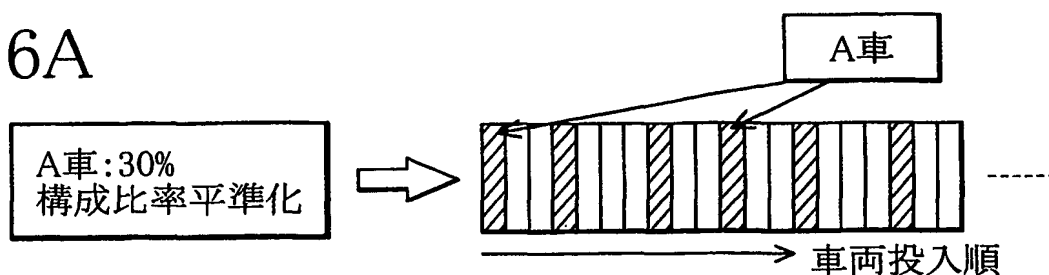


図6B

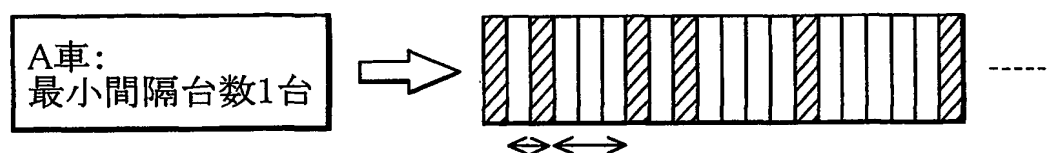


図6C

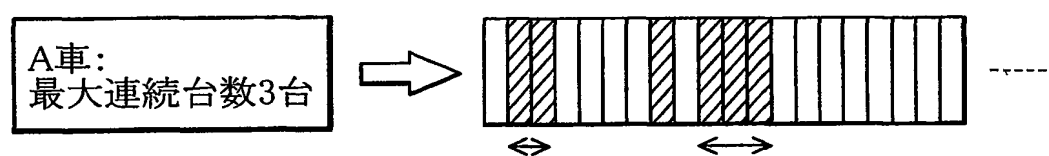


図6D

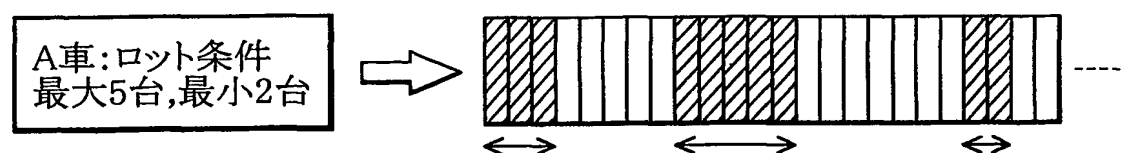


図6E

オフライン車両台数: 30台  
割付け範囲指定: 0%~50% (本例、全体100%の内前半に割付ける指示)

A車の割付け範囲 (1~15台の間に割付け)

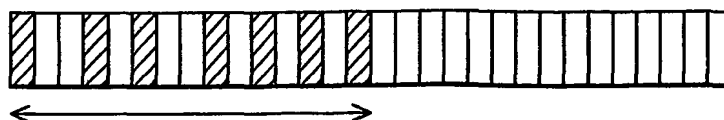


図7

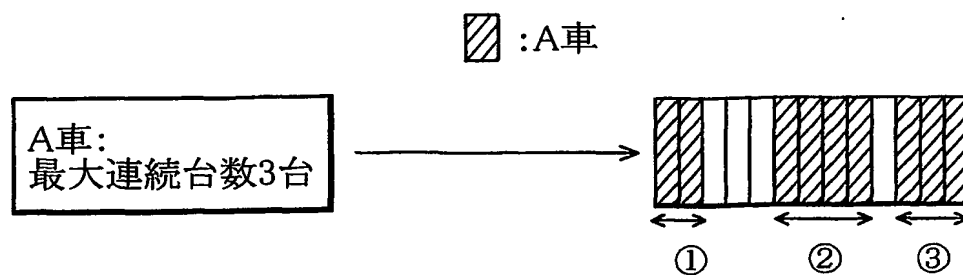
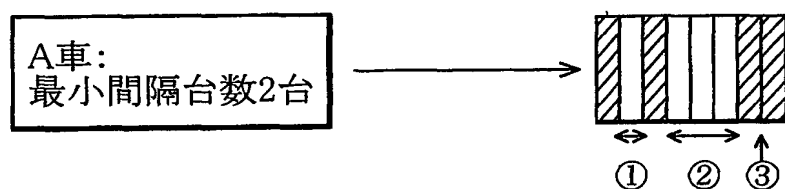
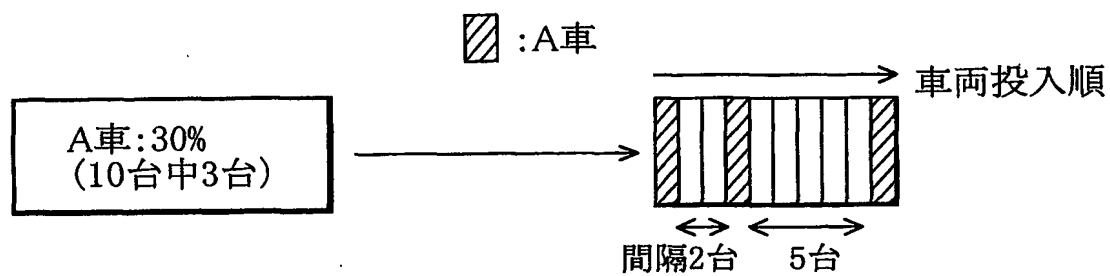


図10A

マーク	SPEC	台数
S	セダン	3
S WD	セダン+4WD	2
M	ミニバン	11
M WD	ミニバン+4WD	4
計		20台

乱数で初期  
並び順作成

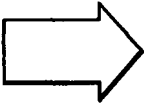


図10B

S	先頭 ↓ 末尾
M	
M WD	
S	
M	
S WD	
M	
M	
M	
M	
M WD	
M	
M WD	
S	
S WD	
M	
M	
M	
M WD	
M	

図11A

並び順1

S
M
M WD
S
M
S WD
M
M
M
M
M WD
M
M WD
S
S WD
M
M
M
M WD
M

乱数2

乱数1

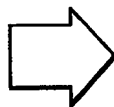


図11B

並び順2

S
M
M WD
S
M
S WD
M
M
M WD
M
M
M WD
S
S WD
M
M
M
M WD
M

入替

図12

		重み	最小間隔	最大連続	平均間隔
S	セダン	-5	1		3
WD	4WD	-5	2		2.3
M	ミニバン	-5		3	0.2

図13

並び順1	並び順	構成比率			制約条件		
		セダン	4WD	ミニバン	セダン Min	4WD Min	ミニバン Max
S	セダン	0					
M	ミニバン			0			
M WD	ミニバン+4WD		0	-0.2		0	0
S	セダン	-5			0		
M	ミニバン			-3.2			0
S WD	セダン+4WD	-20	-0.45		0	0	
M	ミニバン			-3.2			
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-14.45	-0.2		0	
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-8.45	-0.2		-5	-80
S	セダン	-80			0		
S WD	セダン+4WD	-45	-8.45		-5	-5	
M	ミニバン			-9			
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-2.45	-0.2		0	
M	ミニバン			-0.2			-20
	縦計	-150	-34.25	-17.6	-5	-10	-100
	合計						-316.85

図14

		構成比率			制約条件		
	並び順	セダン	4WD	ミニバン	セダン Min	4WD Min	ミニバン Max
S	セダン	0					
M	ミニバン			0			
M WD	ミニバン+4WD		0	-0.2		0	0
S	セダン	-5			0		
M	ミニバン			-3.2			0
S WD	セダン+4WD	-20	-0.45		0	0	
M	ミニバン			-3.2			
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-0.45	-0.2		0	
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-2.45	-0.2		0	-80
S	セダン	-80			0		
S WD	セダン+4WD	-45	-8.45		-5	-5	
M	ミニバン			-9			
M	ミニバン			-0.2			
M	ミニバン			-0.2			
M WD	ミニバン+4WD		-2.45	-0.2		0	
M	ミニバン			-0.2			-20
	縦計	-150	-14.25	-17.6	-5	-5	-100
	合計						-291.85

図15

			構成比率			制約条件			
			セダン	4WD	ミニバン	セダン Min	4WD Min	ミニバン Max	
S	WD	セダン+4WD	0			0	0		
M		ミニバン			0				
M		ミニバン			-0.2			0	
S	WD	セダン+4WD	-5	0		0	0		
M		ミニバン			-3.2				
M		ミニバン			-0.2			0	
S	WD	セダン+4WD	-5	-0.45		0	0		
M		ミニバン			-3.2				
M		ミニバン			-0.2			0	
S		セダン	-5			0			
M	WD	ミニバン+4WD		-2.45	-3.2		0		
M		ミニバン			-0.2				
M		ミニバン			-0.2			0	
S		セダン	0			0			
M	WD	ミニバン+4WD		-2.45	-3.2		0		
M		ミニバン			-0.2				
M		ミニバン			-0.2			0	
S		セダン	0			0			
M	WD	ミニバン+4WD		-2.45	-3.2		0		
M		ミニバン			-0.2			0	
縦計			-15	-7.8	-17.6	0	0	0	
合計									-40.4

図16A

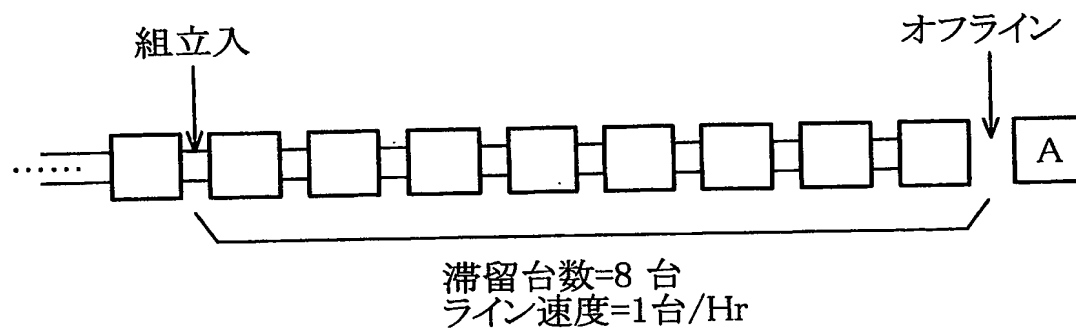


図16B

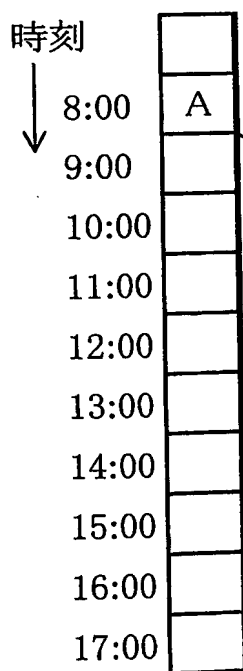


図16C

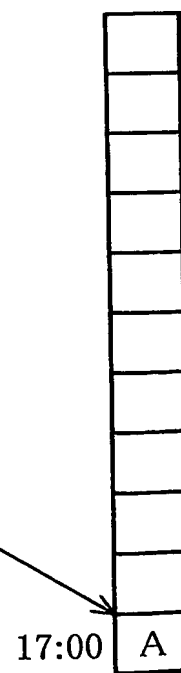




図17A

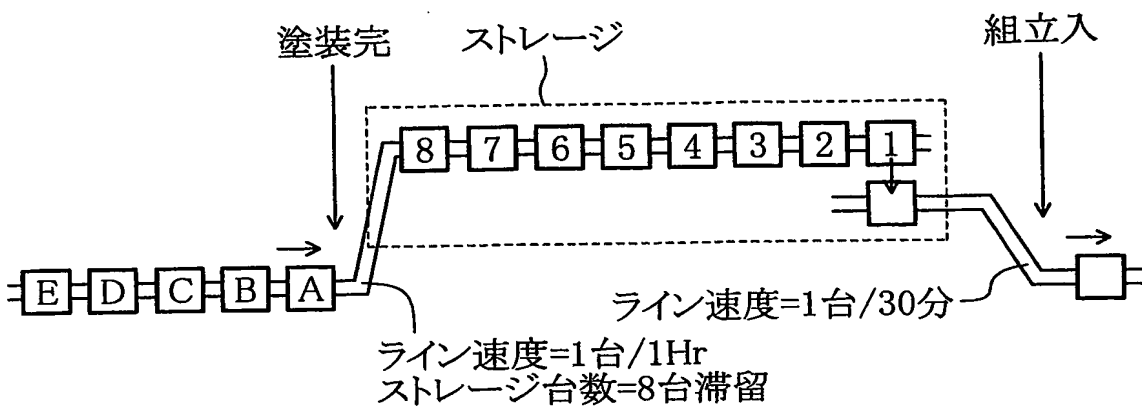


図17B

図17C

図17D

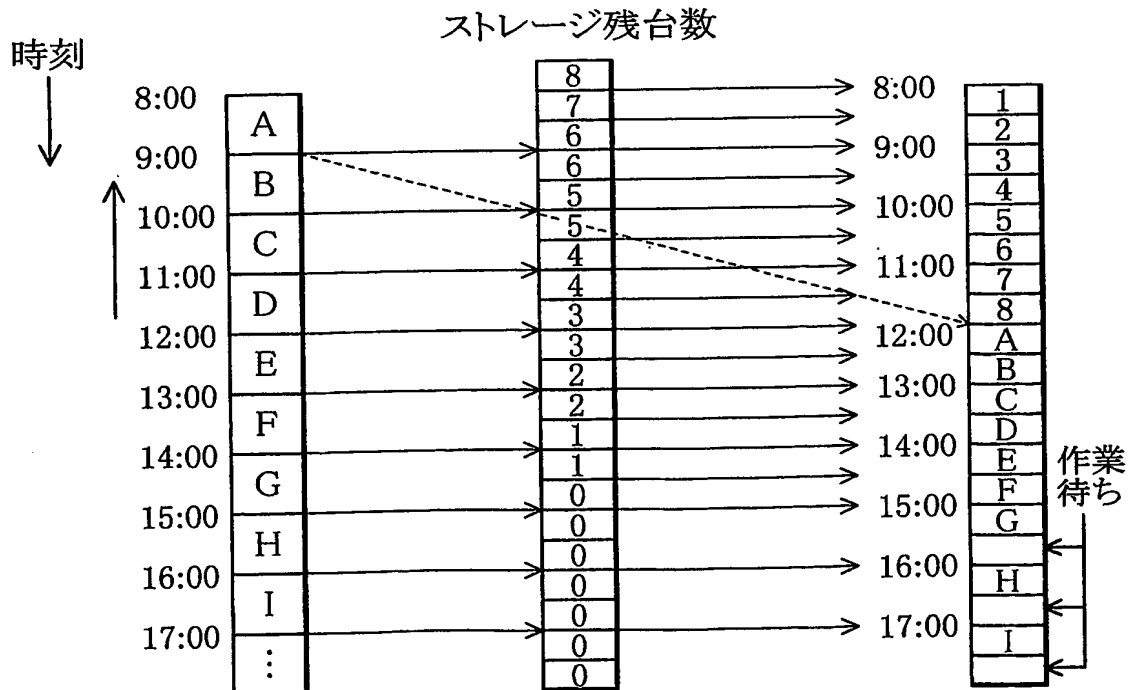


図18A

図18B

図18C

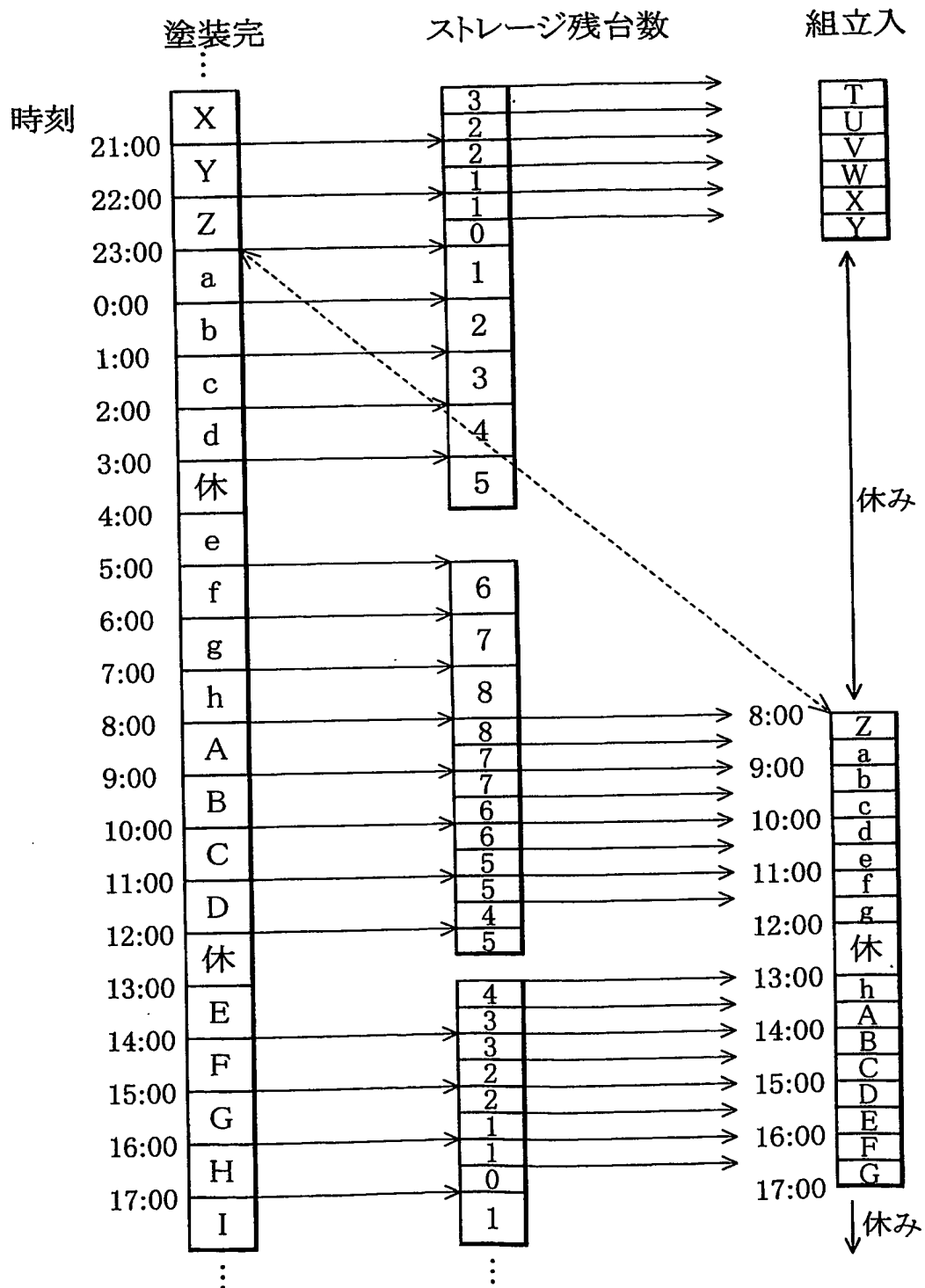


図19A

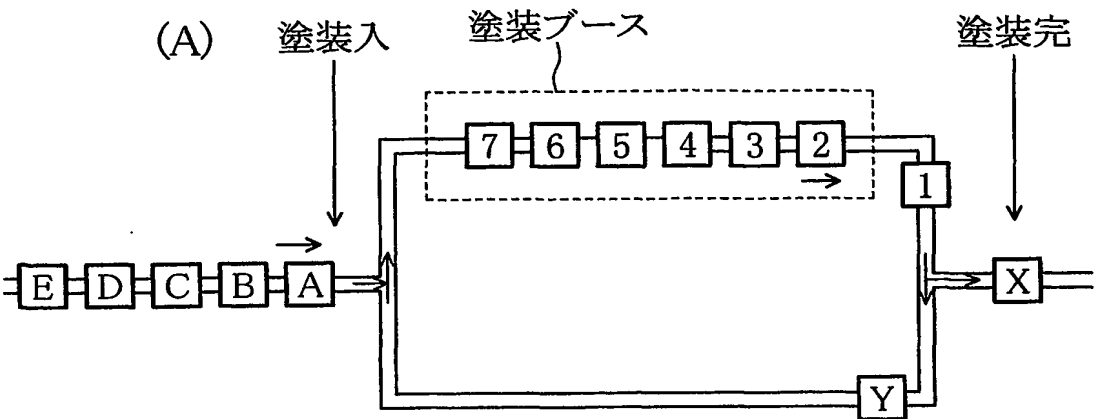


図19B

図19C

図19D

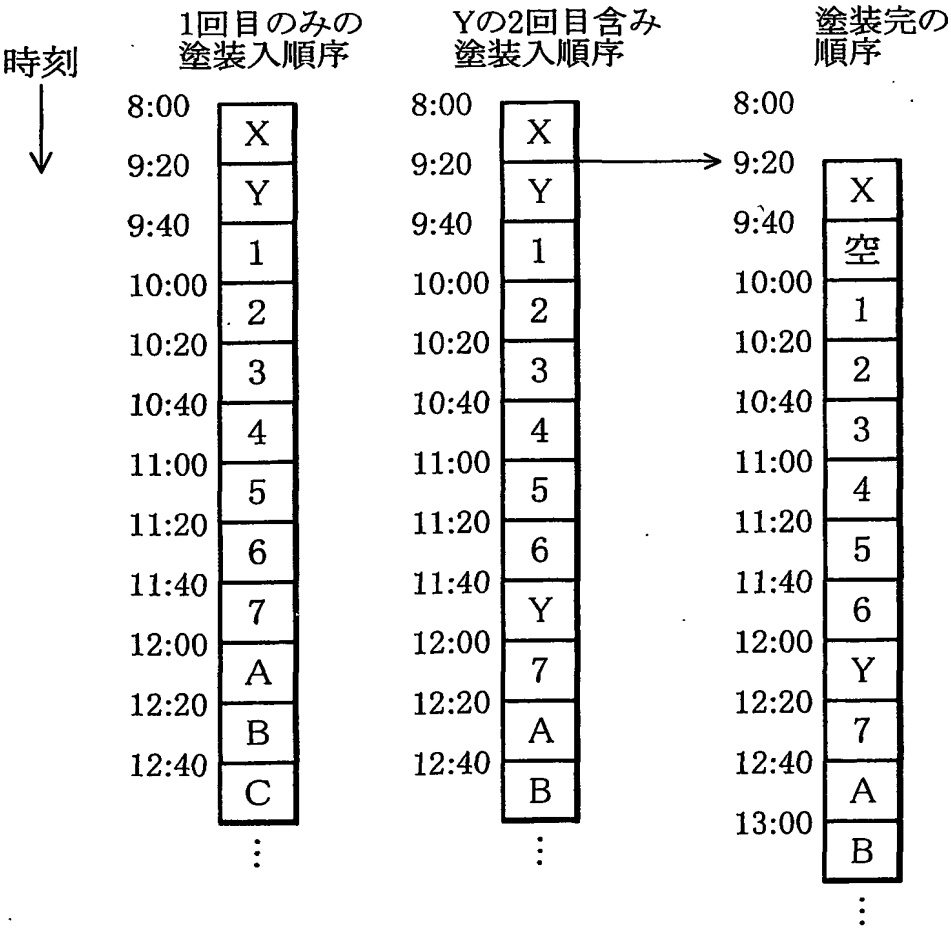


図20A

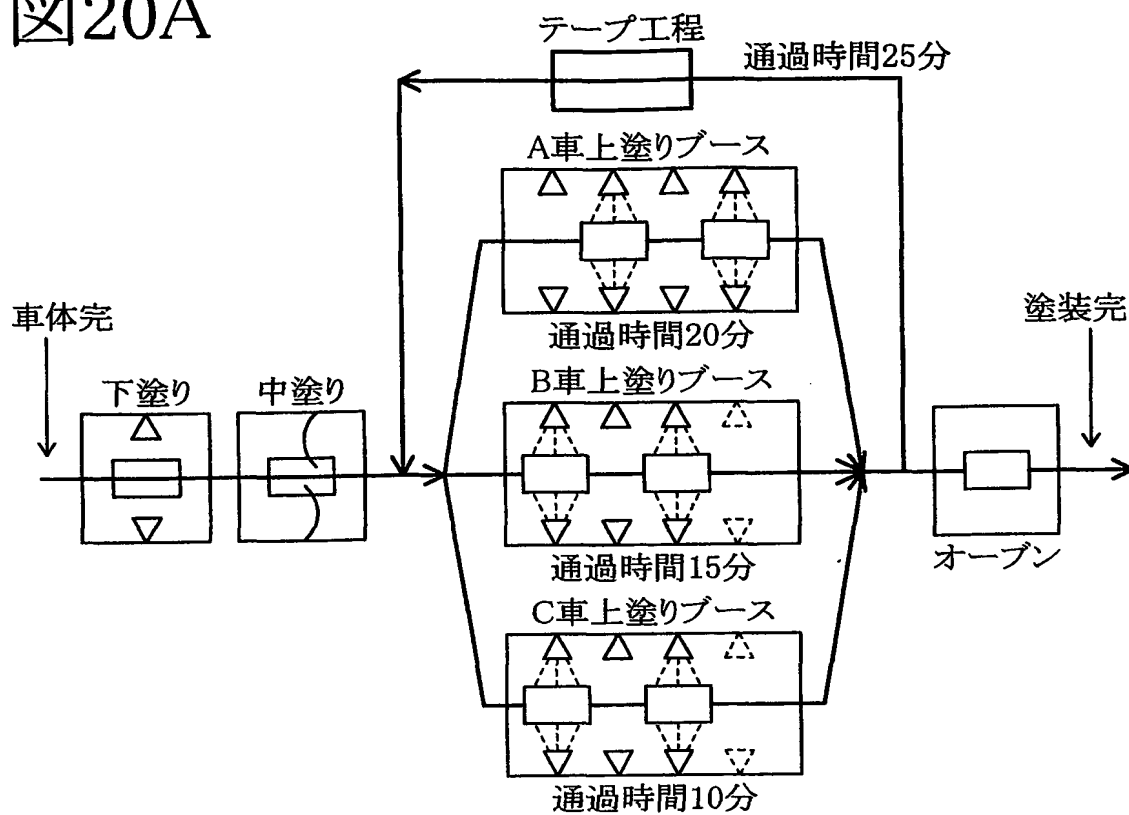
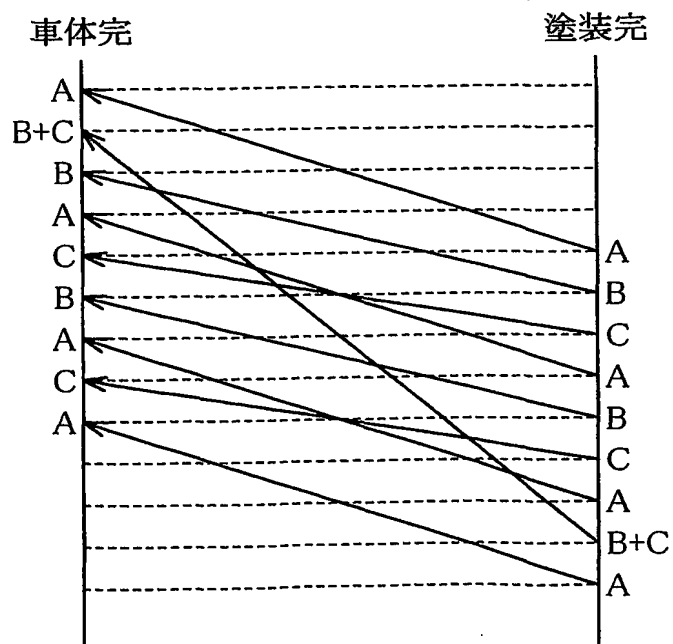


図20B



## 図21

No	基準車系	塗色	ライン区分	オフライン日	SPEC1	SPEC2	追跡用No
1	S	赤	111111	20010830	CD		S1
2	S	赤	111111	20010830	CD		S2
3	S	白	111111	20010830	CD		S3
4	S	青	111111	20010830	CD		S4
5	S	赤	111111	20010830	CD		S5
6	S	白	111111	20010830	CD		S6
7	S	白	111111	20010830	カーナビ		S7
8	S	黄	111111	20010830	カーナビ		S8
9	M	黒	311121	20010830	CD		M9
10	M	赤	311121	20010830	CD		M10
11	M	紺	311121	20010830	CD		M11
12	M	青	311121	20010830	CD		M12
13	M	黒	311121	20010830	4WD		M13
14	M	紺	311121	20010830	4WD		M14
15	M	赤黒	311121	20010830	4WD	2TONE	M15
16	M	青	311121	20010830	4WD		M16
17	R	赤	333333	20010830	CD		R17
18	R	銀	333333	20010830	カーナビ		R18
19	R	赤	333333	20010830	カーナビ		R19
20	R	赤	333333	20010830	カーナビ		R20
21	R	赤	333333	20010830	カーナビ		R21

図22

ライン区分	月	ポイント名	24D	24N	25D	25N	26D	26N	27D	27N	28D	28N	29D	29N	30D	30N	31D	31N
111111	08	セットアップ	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	セットアップ	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	セットアップ	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	車体完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	車体完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	車体完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	塗装完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	塗装完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	塗装完	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	組立入	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	組立入	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	組立入	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	オフライン	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	オフライン	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	オフライン	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	ファイナル売	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	ファイナル売	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	ファイナル売	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0

## 図23

ライン区分	月	ポイント名	24D	24N	25D	25N	26D	26N	27D	27N	28D	28N	29D	29N	30D	30N	31D	31N
111111	08	車体	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	車体	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	車体	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	塗装	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	塗装	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	塗装	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	PBS	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	PBS	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	PBS	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	組立	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	組立	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	組立	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
111111	08	ファイナル	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
311121	08	ファイナル	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0
333333	08	ファイナル	8	0	8	0	0	0	8	0	8	0	8	0	8	0	8	0

図24

ポイント	1			2			3			4			5			6		
SPEC	重み	Min	Max	重み	Min	Max	重み	Min	Max	重み	Min	Max	重み	Min	Max	重み	Min	Max
CD													5					
カーナビ													5					

図25

SPEC	適用ライン 区分	補正時間 (分)
2TONE	- 11 - - -	120



26

車系	塗色	ライン区分	セツトアップ	車体完	塗装完	組立入	オフライン	ファイナル完	SPEC1	SPEC2
S	赤	111111	8/24 17:00	8/25 16:30	8/28 16:30	8/29 17:00	8/30 17:00	8/31 16:30	CD	
S	赤	111111	8/24 16:00	8/25 15:30	8/28 15:30	8/29 16:00	8/30 16:00	8/31 15:30	CD	
S	白	111111	8/24 12:00	8/25 12:00	8/28 11:30	8/29 12:00	8/30 12:00	8/31 11:30	CD	
S	青	111111	8/24 10:00	8/25 09:30	8/28 09:30	8/29 10:00	8/30 10:00	8/31 09:30	CD	
S	白	111111	8/24 14:00	8/25 13:30	8/28 13:30	8/29 14:00	8/30 14:00	8/31 13:30	CD	
S	白	111111	8/24 09:00	8/25 08:30	8/28 08:30	8/29 09:00	8/30 09:00	8/31 08:30	CD	
S	青	111111	8/24 15:00	8/25 14:30	8/28 14:30	8/29 15:00	8/30 15:00	8/31 14:30	カーナビ	
S	黄	111111	8/24 11:00	8/25 11:00	8/28 10:30	8/29 11:00	8/30 11:00	8/31 10:30	カーナビ	
M	黒	311121	8/24 15:30	8/25 16:00	8/28 16:00	8/29 16:00	8/30 16:00	8/31 16:00	CD	
M	赤	311121	8/24 13:30	8/25 14:00	8/28 14:00	8/29 14:00	8/30 14:00	8/31 14:00	CD	
M	紺	311121	8/24 09:30	8/25 10:00	8/28 10:00	8/29 10:00	8/30 10:00	8/31 10:00	CD	
M	青	311121	8/24 11:00	8/25 11:30	8/28 11:00	8/29 11:00	8/30 11:00	8/31 11:00	CD	
M	黒	311121	8/24 16:30	8/25 17:00	8/28 17:00	8/29 17:00	8/30 17:00	8/31 17:00	4WD	
M	紺	311121	8/24 14:30	8/25 15:00	8/28 15:00	8/29 15:00	8/30 15:00	8/31 15:00	4WD	
M	赤黒	311121	8/24 10:30	8/25 10:30	8/28 12:00	8/29 12:00	8/30 12:00	8/31 12:00	4WD	2TONE
M	青	311121	8/24 08:30	8/25 09:00	8/28 09:00	8/29 09:00	8/30 09:00	8/31 09:00	4WD	
R	赤	333333	8/24 09:00	8/25 09:00	8/28 09:00	8/29 09:00	8/30 09:00	8/31 09:00	CD	
R	銀	333333	8/24 10:00	8/25 10:00	8/28 10:00	8/29 10:00	8/30 10:00	8/31 10:00	カーナビ	
R	赤	333333	8/24 12:00	8/25 12:00	8/28 12:00	8/29 12:00	8/30 12:00	8/31 12:00	カーナビ	
R	赤	333333	8/24 15:00	8/25 15:00	8/28 15:00	8/29 15:00	8/30 15:00	8/31 15:00	カーナビ	
R	赤	333333	8/24 17:00	8/25 17:00	8/28 17:00	8/29 17:00	8/30 17:00	8/31 17:00	カーナビ	
R	桃	333333	8/24 11:30	8/25 11:00	8/28 11:00	8/29 11:00	8/30 11:00	8/31 11:00	CD	
R	銀	333333	8/24 16:00	8/25 16:00	8/28 16:00	8/29 16:00	8/30 16:00	8/31 16:00	CD	
R	銀	333333	8/24 14:00	8/25 14:00	8/28 14:00	8/29 14:00	8/30 14:00	8/31 14:00	CD	

図27

車系	塗色	ライン区分	オフライン	SPEC1	SPEC2
1	S 赤	111111	8/30 17:00	CD	
2	S 赤	111111	8/30 16:00	CD	
3	S 白	111111	8/30 12:00	CD	
4	S 青	111111	8/30 10:00	CD	
5	S 白	111111	8/30 14:00	CD	
6	S 白	111111	8/30 09:00	CD	
7	S 青	111111	8/30 09:00	CD	
8	S 青	111111	8/30 15:00	カーナビ	
9	S 黄	111111	8/30 11:00	カーナビ	
10	M 黒	311121	8/30 16:00	CD	
11	M 赤	311121	8/30 14:00	CD	
12	M 紺	311121	8/30 10:00	CD	
13	M 青	311121	8/30 11:00	CD	
14	M 黒	311121	8/30 17:00	4WD	
15	M 紺	311121	8/30 15:00	4WD	2TONE
16	M 赤黒	311121	8/30 12:00	4WD	
17	M 青	311121	8/30 09:00	4WD	
18	R 赤	333333	8/30 09:00	CD	
19	R 銀	333333	8/30 10:00	カーナビ	
20	R 赤	333333	8/30 12:00	カーナビ	
21	R 赤	333333	8/30 15:00	カーナビ	
22	R 桃	333333	8/30 17:00	カーナビ	
23	R 銀	333333	8/30 11:00	CD	
24	R 銀	333333	8/30 16:00	CD	
			8/30 14:00	CD	

6	S	白	111111	8/30 09:00	CD
4	S	青	111111	8/30 10:00	CD
8	S	黄	111111	8/30 11:00	カーナビ
3	S	白	111111	8/30 12:00	CD
5	S	白	111111	8/30 14:00	CD
7	S	青	111111	8/30 15:00	カーナビ
2	S	赤	111111	8/30 16:00	CD
1	S	赤	111111	8/30 17:00	CD

16	M	青	311121	8/30 09:00	4WD
11	M	紺	311121	8/30 10:00	CD
12	M	青	311121	8/30 11:00	CD
15	M	赤黒	311121	8/30 12:00	4WD
10	M	赤	311121	8/30 14:00	CD
14	M	紺	311121	8/30 15:00	4WD
9	M	黒	311121	8/30 16:00	CD
13	M	黒	311121	8/30 17:00	4WD

17	R	赤	333333	8/30 09:00	CD
18	R	銀	333333	8/30 10:00	カーナビ
22	R	桃	333333	8/30 11:00	CD
19	R	赤	333333	8/30 12:00	カーナビ
24	R	銀	333333	8/30 14:00	CD
20	R	赤	333333	8/30 15:00	カーナビ
23	R	銀	333333	8/30 16:00	CD
21	R	赤	333333	8/30 17:00	カーナビ

## 図28

	組立入 ライン1	組立入 ライン2	組立入 ライン3	オフ ライン1	オフ ライン2	オフ ライン3
8/29 9:00	S6	M16	R17			
8/29 10:00	S4	M11	R18			
8/29 11:00	S8	M12	R22			
8/29 12:00	S3	M15	R19			
8/29 13:00						
8/29 14:00	S5	M10	R24			
8/29 15:00	S7	M14	R20			
8/29 16:00	S2	M9	R23			
8/29 17:00	S1	M13	R21			

8/30 9:00	S6	M16	R17
8/30 10:00	S4	M11	R18
8/30 11:00	S8	M12	R22
8/30 12:00	S3	M15	R19
8/30 13:00			
8/30 14:00	S5	M10	R24
8/30 15:00	S7	M14	R20
8/30 16:00	S2	M9	R23
8/30 17:00	S1	M13	R21

## 図29

	塗装完 ライン1	塗装完 ライン2	組立入 ライン1	組立入 ライン2	組立入 ライン3
8/28 8:30	S6				
8/28 9:00	M16	R17			
8/28 9:30	S4				
8/28 10:00	M11	R18			
8/28 10:30	S8				
8/28 11:00	M12	R22			
8/28 11:30	S3				
8/28 12:00	M15	R19			
8/28 12:30					
8/28 13:00					
8/28 13:30	S5				
8/28 14:00	M10	R24			
8/28 14:30	S7				
8/28 15:00	M14	R20			
8/28 15:30	S2				
8/28 16:00	M9	R23			
8/28 16:30	S1				
8/28 17:00	M13	R21			
8/28 17:30					
8/29 9:00			S6	M16	R17
8/29 10:00			S4	M11	R18
8/29 11:00			S8	M12	R22
8/29 12:00			S3	M15	R19
8/29 13:00					
8/29 14:00			S5	M10	R24
8/29 15:00			S7	M14	R20
8/29 16:00			S2	M9	R23
8/29 17:00			S1	M13	R21

図30

	車体完 ライン1	車体完 ライン3	塗装完 ライン1	塗装完 ライン3
8/25 8:30	S6			
8/25 9:00	M16	R17		
8/25 9:30	S4			
8/25 10:00	M11	R18		
8/25 10:30	M15			
8/25 11:00	S8	R22		
8/25 11:30	M12			
8/25 12:00	S3	R19		
8/25 12:30				
8/25 13:00				
8/25 13:30	S5			
8/25 14:00	M10	R24		
8/25 14:30	S7			
8/25 15:00	M14	R20		
8/25 15:30	S2			
8/25 16:00	M9	R23		
8/25 16:30	S1			
8/25 17:00	M13	R21		

8/28 8:30  
8/28 9:00  
8/28 9:30  
8/28 10:00  
8/28 10:30  
8/28 11:00  
8/28 11:30  
8/28 12:00  
8/28 12:30  
8/28 13:00  
8/28 13:30  
8/28 14:00  
8/28 14:30  
8/28 15:00  
8/28 15:30  
8/28 16:00  
8/28 16:30  
8/28 17:00

S6	
M16	R17
S4	
M11	R18
S8	
M12	R22
S3	
M15	R19
S5	
M10	R24
S7	
M14	R20
S2	
M9	R23
S1	
M13	R21

## 図31

	セット アップ1	セット アップ3	車体完 ライン1	車体完 ライン3
8/24 8:30		M16		
8/24 9:00	S6	R17		
8/24 9:30		M11		
8/24 10:00	S4	R18		
8/24 10:30		M15		
8/24 11:00	S8	M12		
8/24 11:30		R22		
8/24 12:00	S3	R19		
8/24 12:30				
8/24 13:00				
8/24 13:30		M10		
8/24 14:00	S5	R24		
8/24 14:30		M14		
8/24 15:00	S7	R20		
8/24 15:30		M9		
8/24 16:00	S2	R23		
8/24 16:30		M13		
8/24 17:00	S1	R21		

8/25 8:30	S6	
8/25 9:00	M16	R17
8/25 9:30	S4	
8/25 10:00	M11	R18
8/25 10:30	M15	
8/25 11:00	S8	R22
8/25 11:30	M12	
8/25 12:00	S3	R19
8/25 12:30		
8/25 13:00		
8/25 13:30	S5	
8/25 14:00	M10	R24
8/25 14:30	S7	
8/25 15:00	M14	R20
8/25 15:30	S2	
8/25 16:00	M9	R23
8/25 16:30	S1	
8/25 17:00	M13	R21

## 図32

		オフ ライン1	オフ ライン2	オフ ライン3	ファイナ ル完1	ファイナ ル完2
8/30 8:30						
8/30 9:00	S6	M16	R17			
8/30 9:30						
8/30 10:00	S4	M11	R18			
8/30 10:30						
8/30 11:00	S8	M12	R22			
8/30 11:30						
8/30 12:00	S3	M15	R19			
8/30 12:30						
8/30 13:00						
8/30 13:30						
8/30 14:00	S5	M10	R24			
8/30 14:30						
8/30 15:00	S7	M14	R20			
8/30 15:30						
8/30 16:00	S2	M9	R23			
8/30 16:30						
8/30 17:00	S1	M13	R21			

8/31 8:30  
 8/31 9:00  
 8/31 9:30  
 8/31 10:00  
 8/31 10:30  
 8/31 11:00  
 8/31 11:30  
 8/31 12:00  
 8/31 12:30  
 8/31 13:00  
 8/31 13:30  
 8/31 14:00  
 8/31 14:30  
 8/31 15:00  
 8/31 15:30  
 8/31 16:00  
 8/31 16:30  
 8/31 17:00

S6	R17
M16	
S4	R18
M11	
S8	R22
M12	
S3	R19
M15	
S5	R24
M10	
S7	R20
M14	
S2	R23
M9	
S1	R21
M13	